



TUGAS AKHIR - SM141501

**PREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK  
MENTAH MENGGUNAKAN MODEL GEOMETRIC  
BROWNIAN MOTION**

HILMA INTAN ZAKIA  
NRP 1213 100 011

Dosen Pembimbing:  
Endah R.M. Putri, Ph.D  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

JURUSAN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan.



FINAL PROJECT - SM141501

**CRUDE OIL COMODITY PRICE PREDICTION  
USING GEOMETRIC BROWNIAN MOTION  
MODEL**

HILMA INTAN ZAKIA  
NRP 1213 100 011

Supervisors:  
Endah R.M. Putri, Ph.D  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LEMBAR PENGESAHAN  
PREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK  
MENTAH MENGGUNAKAN MODEL  
*GEOMETRIC BROWNIAN MOTION*

*CRUDE OIL COMODITY PRICE  
PREDICTION USING GEOMETRIC  
BROWNIAN MOTION MODEL*

TUGAS AKHIR

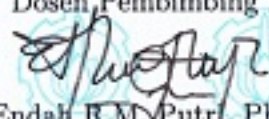
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Pada bidang studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:  
HILMA INTAN ZAKIA  
NRP. 1213 100 011

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II,

  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
NIP. 19650220 198903 2 002

Dosen Pembimbing I,

  
Endah R.M. Putri, Ph.D  
NIP. 19761213 200212 2 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika  
FMIPA ITS

  
Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT  
NIP. 19700831/199403 1 003  
Surabaya, Januari 2017



Halaman ini sengaja dikosongkan.

# **PREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK MENTAH MENGGUNAKAN MODEL GEOMETRIC BROWNIAN MOTION**

Nama Mahasiswa : HILMA INTAN ZAKIA  
NRP : 1213 100 011  
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS  
Pembimbing : 1. Endah R.M. Putri, Ph.D  
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

## **Abstrak**

*Minyak mentah merupakan salah satu sumber energi utama dalam ekonomi global. Pergerakan harga minyak mentah yang fluktuatif menggambarkan bahwa harga minyak mentah bergerak mengikuti proses stokastik. Dalam Tugas Akhir ini telah dihitung prediksi harga minyak mentah jenis West Texas Intermediate dengan menggunakan model geometric Brownian motion. Hasil dari penelitian ini adalah prediksi harga minyak mentah bulan Desember 2016. Nilai MAPE yang dihasilkan dari prediksi harga minyak mentah bulan Desember 2016 dengan iterasi 100, 1000, dan 10000 dari model geometric Brownian motion masing-masing adalah 3,49%, 2,33%, dan 2,17%.*

**Kata-kunci:** *minyak mentah, geometric Brownian motion.*

Halaman ini sengaja dikosongkan.



# CRUDE OIL COMODITY PRICE PREDICTION USING GEOMETRIC BROWNIAN MOTION MODEL

Name : HILMA INTAN ZAKIA  
NRP : 1213 100 011  
Department : Mathematics FMIPA-ITS  
Supervisors : 1. Endah R.M. Putri, Ph.D  
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

## Abstract

*Crude oil is one of the world's most crucial energy in economy global. Crude oil price has fluctuacted movement that follow stochastic process. This study will forecasting West texas Intermediate crude oil price using geometric Brownian motion model. Based on the result that we get forecasting crude oil price in December 2016. The MAPE value from crude oil price forecasting using geometric Brownian motion model with 100, 1000, and 10000 iteration are 3,49%,2,33%, and 2,17%.*

**Keywords:** *crude oil, geometric Brownian motion.*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.,

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

### **"PREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK MENTAH MENGGUNAKAN MODEL *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION*"**

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Jurusan Matematika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ketua Jurusan Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Ibu Endah R.M. Putri, Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes yang juga selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan

motivasiya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

4. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si, Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si, dan Ibu Dra. Farida Agustini Widjajati MS. selaku dosen penguji atas semua saran yang telah diberikan demi perbaikan Tugas Akhir ini.
5. Ka. Program Studi S1 Jurusan Matematika ITS.
6. Bapak Dr. Subiono, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA ITS.
7. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Jurusan Matematika ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I     PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Batasan Masalah . . . . .	4
1.4 Tujuan . . . . .	4
1.5 Manfaat . . . . .	4
1.6 Sistematika Penulisan . . . . .	5
BAB II     TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu . . . . .	7
2.2 Pengujian Distribusi Normal . . . . .	8
2.3 Proses Stokastik . . . . .	9
2.4 <i>Random walk</i> . . . . .	9
2.5 <i>Brownian Motion</i> . . . . .	12
2.6 Persamaan Diferensial Stokastik . . . . .	13
2.7 <i>Lemma Ito</i> . . . . .	14
2.8 <i>Geometric Brownian Motion</i> . . . . .	14

2.9	<i>Return</i> minyak mentah .....	17
2.10	Estimasi Parameter .....	18
2.10.1	Volatilitas .....	18
2.10.2	<i>Drift</i> .....	18
2.11	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)...	19
2.12	Selang Kepercayaan .....	20
BAB III	METODE PENELITIAN .....	21
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1	Perhitungan <i>Return</i> Minyak Mentah .....	25
4.2	Uji Normalitas .....	26
4.3	Estimasi Parameter .....	28
4.4	Prediksi Harga Minyak Mentah .....	29
4.5	Validasi Model .....	36
4.6	Peramalan Harga Minyak Mentah .....	37
BAB V	PENUTUP .....	39
5.1	Kesimpulan .....	39
5.2	Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA	.....	41
LAMPIRAN A	Data Harga Minyak Mentah .....	43
LAMPIRAN B	Tabel <i>Return</i> Minyak Mentah .....	47
LAMPIRAN C	Tabel <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	51
LAMPIRAN D	Uji Normalitas <i>Return</i> Minyak Mentah .....	53
LAMPIRAN E	Listing Program .....	59
LAMPIRAN F	Biodata Penulis .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Penelitian . . . . .	23
Gambar 4.1	Plot <i>Return</i> Minyak Mentah . . . . .	26
Gambar 4.2	Histogram <i>Return</i> Minyak Mentah . . . .	27
Gambar 4.3	Uji Normalitas <i>Return</i> Minyak Mentah	28
Gambar 4.4	100 iterasi model <i>geometric Brownian motion</i> . . . . .	35
Gambar 4.5	1000 iterasi model <i>geometric Brownian motion</i> . . . . .	35
Gambar 4.6	10000 iterasi model <i>geometric Brownian motion</i> . . . . .	36

Halaman ini sengaja dikosongkan.



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai MAPE sebagai Tingkat Akurasi Peramalan .....	19
Tabel 4.1	Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 100 iterasi model <i>geometric</i> <i>Brownian motion</i> .....	32
Tabel 4.2	Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 1000 iterasi model <i>geometric</i> <i>Brownian motion</i> .....	33
Tabel 4.3	Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 10000 iterasi model <i>geometric</i> <i>Brownian motion</i> .....	34
Tabel 4.4	Selang Kepercayaan 95% Peramalan Harga Minyak Mentah bulan Januari 2017	38

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## Daftar Simbol

$P$	Harga minyak mentah.
$P_t$	Harga minyak mentah pada waktu $t$ .
$P_{t-1}$	Harga minyak mentah pada waktu $t - 1$ .
$P_0$	Harga minyak mentah pada saat $t = 0$ .
$P_f$	Harga minyak mentah optimal.
$R$	<i>Return</i> minyak mentah.
$R_t$	<i>Return</i> minyak mentah pada waktu $t$ .
$\mu$	<i>drift</i> .
$\sigma$	<i>volatilitas</i> .
$\hat{\mu}$	nilai estimasi <i>drift</i> .
$\hat{\sigma}$	nilai estimasi <i>volatilitas</i> .
$Z_t$	Proses Wiener ( <i>Brownian Motion</i> ).
$dt$	selang waktu.
$F_t$	Peramalan harga minyak mentah pada waktu $t$ .
$\epsilon$	bilangan acak dari distribusi normal standar.
$n$	Banyaknya data.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

### 1.1 Latar Belakang

Minyak bumi adalah bahan bakar fosil yang terbentuk setelah jutaan tahun dari sisa tumbuhan dan hewan. Kondisi alami ketika minyak bumi belum diolah disebut *crude oil* atau minyak mentah. Sejak terjadi revolusi industri minyak mentah menjadi salah satu sumber energi terbesar di dunia. Pada tahun 2012 minyak bumi yang disediakan sekitar 33,10% dari konsumsi energi global. Dengan kebutuhan akan energi yang selalu meningkat, minyak diharapkan menjadi komponen utama energi dunia[1].

Dalam perkembangannya penetapan harga minyak bumi didasarkan pada dua kelompok, yaitu *Brent* dan *West Texas Intermediate* (WTI). *Brent* merupakan nilai standarisasi minyak yang sumbernya berasal dari laut utara (eropa), sedangkan WTI merupakan minyak bumi yang diproduksi di Texas (AS). Namun, pada tahun 2007 karena produksi dari *Brent* terus mengalami penurunan maka berkembang standarisasi harga baru yaitu WTI[2].

Harga minyak mentah dunia terus mengalami pergerakan yang fluktuatif. Seringkali harga minyak mentah menginjak level tertinggi dari volatilitas[1]. Pergerakan harga minyak mentah yang tidak stabil menjadikan perhatian masyarakat internasional khususnya bagi negara produsen (eksportir)

minyak mentah maupun negara konsumen (importir). Hal ini disebabkan karena peranan minyak yang sangat penting sebagai bahan bakar yang menggerakkan perekonomian. Pasokan minyak mentah merupakan input vital dalam proses produksi industri, terutama untuk menghasilkan listrik, menjalankan mesin produksi dan mengangkut hasil produksi ke pasar. Disamping itu, minyak mentah juga penting bagi pembangunan ekonomi dan sosial yang berkelanjutan. Diantara sumber energi terbukti minyak merupakan yang paling efisien yang digunakan dalam transportasi. Lebih dari 40% dari konsumsi energi dunia yang menggunakan minyak, dan di dalam sektor transportasi, nyatanya, 93% bahan bakar transportasi adalah minyak. Selain itu, plastik dan serat yang digunakan oleh hampir setiap individu adalah produk dari industri petrokimia yang merupakan produk kimia yang berasal dari minyak bumi[3].

Fluktuasi harga minyak mentah di pasar internasional pada prinsipnya mengikuti aksioma yang berlaku umum dalam ekonomi pasar, dimana tingkat harga yang berlaku sangat ditentukan oleh mekanisme permintaan dan penawaran[4]. Apabila semakin meningkatnya penawaran tetapi permintaan menurun maka akan membuat kemerosotan dalam nilai jualnya, sebaliknya apabila penawaran menurun tetapi permintaan meningkat maka akan membuat nilai jualnya semakin tinggi. Hal inilah yang menjadikan tidak stabilnya harga minyak mentah. Keadaan seperti ini mendorong investor untuk lebih mempertimbangkan dalam mengambil keputusan agar tidak mengalami kerugian. Sehingga untuk meminimalkan risiko yang besar tersebut para investor minyak mentah memerlukan suatu informasi yang dapat dijadikan acuan dalam mengambil keputusan dalam melakukan kegiatan jual beli komoditas minyak mentah.

Peramalan atau *forecasting* adalah suatu kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara ilmiah[5]. Metode peramalan digunakan untuk meramalkan harga minyak mentah pada masa yang akan datang dengan presentase kesalahan yang rendah. Salah satu model yang dapat digunakan adalah model *geometric Brownian motion* atau juga dikenal dengan proses *Wiener*. Model *geometric Brownian motion* adalah model stokastik waktu kontinu, dimana variabel acaknya mengikuti *Brownian motion*. Model *geometric Brownian motion* dapat digunakan dalam meramalkan harga minyak mentah di masa yang akan datang dalam jangka waktu pendek. Sehingga para investor dari minyak mentah bisa mendapatkan keuntungan dengan investasi jangka pendek[6].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aba Oud, model *geometric Brownian motion* telah digunakan dalam menentukan harga minyak mentah. Dalam penelitiannya terbukti bahwa model *geometric Brownian motion* dapat digunakan dalam mendeskripsikan perilaku dari harga minyak mentah jenis *Brent* dengan level signifikasnsi 1% dan 5%[1].

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada Tugas Akhir ini dilakukan prediksi harga minyak mentah jenis *West Texas Intermediate* (WTI) dengan menggunakan model *geometric Brownian motion*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, permasalahan dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Bagaimana prediksi harga minyak mentah pada masa akan datang dengan menggunakan model *geometric Brownian motion*.
2. Bagaimana tingkat akurasi model *geometric Brownian*

*motion* dalam memprediksikan harga minyak mentah.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini antara lain :

1. Data yang digunakan dalam memprediksikan harga minyak mentah pada masa akan datang dengan model *geometric Brownian motion* adalah data harga minyak mentah jenis *West Texas Intermediate*(WTI) periode April 2016 sampai dengan November 2016.
2. Nilai *drift* dan volatilitas diasumsikan konstan.

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Mengkaji model *geometric Brownian motion*.
2. Mendapatkan hasil prediksi harga minyak mentah dengan model *geometric Brownian motion*.
3. Mengetahui tingkat akurasi model *geometric Brownian motion* dalam memprediksikan harga minyak mentah.

### 1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini antara lain:

1. Diperoleh prediksi harga minyak mentah pada masa akan datang dengan menggunakan model *geometric Brownian motion*.
2. Mengetahui tingkat akurasi model *geometric Brownian motion* dalam prediksi harga minyak mentah.



## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab, yaitu:

### 1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori-teori utama maupun penunjang yang terkait dengan permasalahan, yaitu beberapa penelitian terdahulu, uji normalitas, proses stokastik, *random walk*, persamaan diferensial stokastik, *geometric Brownian motion*, *return* minyak mentah, *Mean Absolute Percentage Error*, dan selang kepercayaan. Teori-teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam mengerjakan Tugas akhir.

### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode dan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

### 4. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai penghitungan *return* minyak mentah dan uji normalitas *return* minyak mentah, prediksi harga minyak mentah dan realisasi lintasan model *geometric Brownian motion* dengan program matlab, penghitungan nilai MAPE, dan penghitungan selang kepercayaan 95%.

### 5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang diperoleh dari Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai penelitian terdahulu dan teori-teori yang menunjang tugas akhir, antara lain proses stokastik, *random walk*, *Brownian motion*, persamaan diferensial stokastik, *geometric Brownian motion*, *reurn* minyak mentah, dan *Mean Absolute Percentage Error*.

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Model *geometric Brownian motion* adalah model satu faktor yang dapat digunakan dalam mendeskripsikan perilaku dari harga komoditas. Bogdana mempelajari tentang model dari harga minyak mentah dengan *special emphasis* dalam faktor makroekonomi. Dalam penelitiannya Bogdana menggunakan model *geometric Brownian motion* dalam peramalan harga minyak mentah. Dalam disertasi Bogdana error dari peramalan dengan menggunakan *geometric Brownian motion* menghasilkan nilai MAPE 23,67719%[3].

Hamidreza, Ali Akbar, dan Samira dalam penelitiannya tentang metodologi terbaik proses stokastik kontinu dalam memodelkan harga minyak mentah russia telah membandingkan model *geometric Brownian motion* dan *Ornstein-Uhlenbeck* dalam meramalkan harga minyak mentah russia. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan model *geometric Brownian motion* memiliki nilai MSE lebih kecil daripada model *Ornstein-Uhlenbeck*. Nilai MSE dari model *geometric Brownian motion* adalah 0,0330, sedangkan nilai MSE dari model *Ornstein-Uhlenbeck* adalah 1,233[7].

Aba Oud mempelajari dinamika harga minyak dan nilai

dari macam-macam *financial derivatives* pada komoditas minyak. Dalam tesisnya Aba Oud membandingkan sepuluh model dalam memprediksi harga minyak mentah. Salah satu model yang digunakan dalam menentukan harga minyak mentah adalah *geometric Brownian motion*. Hasil dari thesis Aba Oud menunjukkan bahwa model *geometric Brownian motion* dapat digunakan untuk mendeskripsikan perilaku dari harga minyak mentah jenis *Brent* dengan level signifikansi 1% dan 5%[1].

Ika Restu telah menggunakan model *geometric Brownian motion* dalam meramalkan harga saham. Hasil peramalan harga saham dengan menggunakan model *geometric Brownian motion* memberikan nilai  $MAPE \leq 20\%$ , hal ini membuktikan bahwa model ini cukup baik dalam meramalkan harga saham[8].

## 2.2 Pengujian Distribusi Normal

Untuk pengujian data berdistribusi normal dapat menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*[9]:

Hipotesis:

$H_0$  : Data sampel berdistribusi normal.

$H_1$  : Data sampel tidak berdistribusi normal.

Statistik Uji:

$$D_{hitung} = maks|F_t - F_s|$$

dengan :

$D_{hitung}$  : deviasi minimum

$F_t$  : fungsi berdistribusi yang dihipotesiskan  
berdistribusi normal

$F_s$  : fungsi distribusi komulatif dari data sampel.

Kriteria Pengujian:

Jika  $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$  (nilai  $\alpha = 0,05$ ), maka  $H_0$  diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal. Dalam uji normalitas dengan menggunakan *software* minitab, apabila

nilai  $Pvalue > 0,05$  yang berarti  $H_0$  diterima dan data sampel berdistribusi normal.

### 2.3 Proses Stokastik

Proses stokastik adalah himpunan variabel acak dalam bentuk  $(X(t), t \in T)$ , dimana untuk setiap  $t \in T$ ,  $X(t)$  adalah variabel acak. Variabel  $t$  adalah indeks yang menginterpretasikan waktu dan  $X(t)$  adalah state dari proses pada saat  $t$ . Karena  $X(t)$  adalah suatu variabel acak, maka tidak diketahui secara pasti pada keadaan mana proses tersebut akan berada pada saat  $t$ .

Himpunan  $T$  disebut sebagai indeks himpunan dari proses. Ketika  $T$  merupakan himpunan yang dapat dihitung, maka proses stokastik dikatakan sebagai proses diskrit. Sedangkan apabila  $T$  adalah interval dari garis riil, maka proses stokastik dikatakan sebagai proses kontinu. *State space* dari proses stokastik didefinisikan sebagai himpunan semua nilai yang mungkin dari variabel acak  $X(t)$ [10].

Proses stokastik banyak digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang dijalankan pada suatu lingkungan yang tidak dapat diduga. Pergerakan harga minyak mentah merupakan salah satu contoh dari proses stokastik, karena pergerakannya cepat serta tidak pasti seiring dengan waktu.

### 2.4 *Random walk*

*Random walk* adalah gerak acak dari step  $t$  ke step  $t + 1$ . Terdapat dua jenis *random walk*, yaitu *random walk* simetri dan *random walk* asimetri[11].

#### 1. *Random walk* simetri

Misalkan  $P_i$  adalah kejadian dimana harga minyak mentah bergerak naik atau turun saat  $i$ . Nilai dari setiap gerak harga minyak dari dinotasikan  $\Delta x$ . Nilai dari  $\Delta x = 1$  untuk harga naik, sedangkan  $\Delta x = -1$  untuk harga turun. Waktu dari

setiap gerak harga minyak dinotasikan  $\Delta t$ , dengan  $\Delta t = 1$ .

$$P(P_i = 1) = \frac{1}{2}$$

$$P(P_i = -1) = \frac{1}{2}$$

Nilai dari  $E(P_i)$  dan  $Var(P_i)$  adalah sebagai berikut[11]:

$$\begin{aligned} E(P_i) &= P_1 P(P_1) + P_2 P(P_2) \\ &= 1 \frac{1}{2} + (-1) \frac{1}{2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Var(P_i) &= E(P_i)^2 - (E(P_i))^2 \\ &= (P_1)^2 P(P_1) + (P_2)^2 P(P_2) - 0 \\ &= 1 \frac{1}{2} + (1) \frac{1}{2} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Misalkan  $N$  adalah suatu integer non negatif, dimana  $\Delta t = \frac{1}{N}$ . Sehingga untuk  $t = 1$  besarnya sama dengan  $N\Delta t$ . Nilai dari *random walk* saat  $t = 1$  dengan  $N$  step adalah

$$W_1^{(N)} = \Delta x (P_1 + P_2 + \dots + P_N)$$

Nilai dari  $Var(W_1^{(N)}) = Var(P_i)$ .

$$\begin{aligned} Var(W_1^{(N)}) &= Var(\Delta x (P_1 + P_2 + \dots + P_N)) \\ 1 &= (\Delta x)^2 Var(P_i) \cdot N \\ 1 &= (\Delta x)^2 \cdot N \\ \Delta x &= \sqrt{\frac{1}{N}} \\ &= \sqrt{\Delta t} \end{aligned}$$

Didefinisikan  $Z_t$  adalah nilai *random walk* saat  $t$ , nilai dari  $Z_t$  adalah  $Z_t = P_1 + P_2 + \dots + P_{\frac{t}{\Delta t}}$  Nilai dari ekspektasi dan varian  $Z_t$  adalah sebagai berikut:

$$E(Z_t) = E(P_1 + P_2 + \dots + P_{\frac{t}{\Delta t}})$$

$$\begin{aligned}
&= (E(P_i)) \cdot \frac{t}{\Delta t} \\
&= ((P_1)^2 P(P_1) + (P_2)^2 P(P_2)) \frac{t}{\Delta t} \\
&= \left( (\sqrt{\Delta t}) \frac{1}{2} + (\sqrt{-\Delta t}) \frac{1}{2} \right) \frac{t}{\Delta t} \\
&= 0 \\
Var(Z_t) &= E(Z_t)^2 - (E(Z_t))^2 \\
&= \left( E(P_i)^2 - (E(P_i))^2 \right) \frac{t}{\Delta t} \\
&= (P_1)^2 P(P_1) + (P_2) P(P_2)^2 - 0 \\
&= \left( \left( (\Delta t) \frac{1}{2} + (\Delta t) \frac{1}{2} \right) - 0 \right) \frac{t}{\Delta t} \\
&= t
\end{aligned}$$

Untuk  $t \rightarrow 0$ , poses *random walk* simetri disebut dengan *Brownian motion* standar.

## 2. *Random walk* asimetri

Pada *random walk* asimetri probabilitas harga minyak naik dan turun berbeda. Dalam *random walk* ini diasumsikan gerak naik memiliki probabilitas yang lebih besar.

$$P(P_i = \sigma\sqrt{\Delta t}) = \frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

$$P(P_i = -\sigma\sqrt{\Delta t}) = \frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

Didefinisikan  $Z_t$  adalah nilai dari *random walk* saat  $t$ . Nilai dari  $E(Z_t)$  dan  $Var(Z_t)$  adalah sebagai berikut[11]:

$$\begin{aligned}
E(Z_t) &= E(P_1 + P_2 + \dots + P_{\frac{t}{\Delta t}}) \\
&= (E(P_i)) \cdot \frac{t}{\Delta t} \\
&= (\sigma\sqrt{\Delta t}) \frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} + (-\sigma\sqrt{\Delta t}) \frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \\
&= \sigma^2 t
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Var(Z_t) &= E(Z_t)^2 - (E(Z_t))^2 \\
&= \left( E(P_i)^2 - (E(P_i))^2 \right) \frac{t}{\Delta t} \\
&= ((P_1)^2 P(P_1) + (P_2) P(P_2)^2 - (\mu \Delta t)^2) \frac{t}{\Delta t} \\
&= \left( (\Delta t) \left( \frac{1}{2} + \frac{\mu \sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) + (-\Delta t) \left( \frac{1}{2} - \frac{\mu \sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) \right) \frac{t}{\Delta t} \\
&\quad - (\mu \Delta t)^2 \frac{t}{\Delta t} \\
&= \sigma^2 t \left( 1 - \frac{\mu^2}{\sigma^2} \Delta t \right)
\end{aligned}$$

Untuk  $\Delta t \rightarrow 0$  *random walk* asimetri disebut dengan *Brownian motion* dengan *drift*.

## 2.5 Brownian Motion

*Brownian motion* atau juga disebut proses *Wiener* adalah proses stokastik waktu kontinu. Lebih tepatnya proses stokastik  $Z$  pada saat  $t \geq 0$  merupakan *Brownian motion* apabila memenuhi tiga kondisi[1]:

1.  $Z_k$  adalah lintasan kontinu dimana  $Z_0 = 0$ .
2. Untuk  $k_{i+1} > k_i$  :  $Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i}$  berdistribusi normal dengan mean 0 dan variansi  $t$ .

Berdasarkan penjelasan dalam subbab *random walk*, untuk *random walk* simetri mempunyai *increment* yang independen. Untuk pemilihan integer non negatif  $0 = k_0 < k_1 < \dots < k_m$ , maka terdapat variabel acak

$$\begin{aligned}
Z_1 &= P_1 - P_0 \\
Z_2 &= P_2 - P_1 \\
&\vdots \\
Z_k &= Z_k - Z_{k-1}
\end{aligned}$$



$$Z_{k_{i+1}} = \sum_{i=1}^{k_{i+1}} P_i$$

$$Z_{k_i} = \sum_{i=1}^{k_i} P_i$$

Sehingga didapat  $Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i} = \sum_{i=k_i+1}^{k_{i+1}} P_i$  Nilai  $E(Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i})$  dan  $Var(Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i})$  adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 E(Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i}) &= E\left(\sum_{i=k_i+1}^{k_{i+1}} P_i\right) \\
 &= \sum_{i=k_i+1}^{k_{i+1}} E(P_i) \\
 &= 0 \\
 Var(Z_{k_{i+1}} - Z_{k_i}) &= \sum_{i=k_i+1}^{k_{i+1}} Var(P_i) \\
 &= \sum_{i=k_i+1}^{k_{i+1}} 1 \\
 &= k_{i+1} - k_i + 1
 \end{aligned}$$

3. Untuk  $k_{i-1} < k_i$  :  $Z_{k_i}$  hanya dipengaruhi  $Z_{k_{i-1}}$ .

## 2.6 Persamaan Diferensial Stokastik

Pergerakan harga minyak mentah merupakan salah satu contoh proses stokastik, karena pergerakannya seiring waktu dengan cara yang tidak pasti. Fluktuasi harga minyak mentah dipengaruhi oleh parameter *drift* dan volatilitas. Fluktuasi harga minyak mentah dinyatakan secara matematis dengan persamaan differensial stokastik sebagai berikut [1]:

$$dP = \mu(P, t)dt + \sigma(P, t)dZ$$

dengan:

- $dP$  : perubahan harga minyak mentah
- $\mu(P, t)$  : fungsi *drift*
- $\sigma(P, t)$  : fungsi sigma
- $Z$  : proses standar *Wiener*.

## 2.7 Lemma Ito

Dalam bidang keuangan ketika menggunakan model waktu kontinu, umumnya diasumsikan bahwa harga dari aset merupakan proses Ito. Misalkan diberikan  $F(P, t)$  adalah fungsi dari variabel  $P$  dan  $t$  dimana  $P$  memenuhi sebuah persamaan diferensial stokastik[12]:

$$dP = \mu(P, t)dt + \sigma(P, t)dZ_t$$

Maka persamaan umum dari Lemma Ito adalah

$$dF(P, t) = \left( \frac{\partial F(P, t)}{\partial P} \mu(P, t) + \frac{\partial F(P, t)}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F(P, t)}{\partial P^2} \sigma(P, t)^2 \right) dt + \left( \sigma(P, t) \frac{\partial F(P, t)}{\partial P} \right) dZ_t \quad (2.1)$$

## 2.8 Geometric Brownian Motion

*Geometric Brownian motion* (GBM) merupakan proses stokastik dengan waktu kontinu. Model GBM dapat digunakan dalam mendeskripsikan pergerakan harga komoditas. GBM digunakan untuk memodelkan proses pergerakan harga minyak mentah. GBM merupakan proses *random walk* geometri, dimana *random walk* merupakan bentuk eksponensial dari asimetri *random walk* geometri. Berikut penjelasan mengenai *random walk* geometri. Misalkan  $P_i$  adalah kejadian dimana harga minyak mentah bergerak naik atau turun saat  $i$ .

$$P(P_i = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}) = \frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

$$P(P_i = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}) = \frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

Didefinisikan  $P_t$  adalah harga minyak mentah saat  $t$ . Dengan menggunakan  $\Delta x = \sqrt{\Delta t}$  dan  $\Delta t = \frac{1}{N}$ , nilai dari harga minyak mentah saat  $t$  adalah sebagai berikut

$$P_t = P_0 (P_1 \cdot P_2 \cdot P_{t/\Delta t})$$

dengan menambahkan fungsi  $\ln$  pada kedua sisi persamaan, sehingga didapatkan

$$\begin{aligned}\ln P_t &= \ln P_0 (P_1 \cdot P_2 \cdot P_{t/\Delta t}) \\ \ln P_t &= \ln P_0 (P_1 \cdot P_2 \cdot P_{t/\Delta t}) \\ \ln P_t &= \ln P_0 + \ln P_1 + \ln P_2 + \cdots + \ln P_{t/\Delta t}\end{aligned}$$

Nilai dari  $E(Z_t)$  dan  $Var(Z_t)$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}E(P_t) &= E\left(\ln P_0 + \ln P_1 + \ln P_2 + \cdots + P_{\frac{t}{\Delta t}}\right) \\ &= \left(E(\ln P_0) + E(\ln P_1) + E(\ln P_2) + \cdots + E(\ln P_{\frac{t}{\Delta t}})\right) \\ &= \ln P_0 + \left(\frac{t}{\Delta t} \cdot E(\ln P_i)\right) \\ &= \ln P_0 + (\sigma\sqrt{\Delta t}) \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}\right) + (-\sigma\sqrt{\Delta t}) \\ &\quad \left(\frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}\right) \\ &= \ln P_0 + \mu t \\ Var(\ln P_t) &= E(\ln P_t)^2 - (E(\ln P_t))^2 \\ &= E(\ln P_0 + \ln P_1 + \cdots + \ln P_{\frac{t}{\Delta t}})^2 \\ &\quad - \left(E(\ln P_0 + P_1 + P_2 + \cdots + P_{\frac{t}{\Delta t}})\right)^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \ln P_0 + \left( \frac{t}{\Delta t} \right) E(\ln P_i)^2 \right) \\
&\quad - \left( \ln P_0 + (E(\ln P_i))^2 \left( \frac{t}{\Delta t} \right) \right) \\
&= \left( \sigma^2 \Delta t \left( \frac{1}{2} + \frac{\mu \sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) + \sigma^2 \Delta t \left( \frac{1}{2} - \frac{\mu \sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) \right) \\
&\quad \left( \frac{t}{\Delta t} \right) - \left( \left( \frac{t}{\Delta t} \right) (\mu \Delta t)^2 \right) \\
&= \sigma^2 t - \mu^2 t \Delta t \\
&= \sigma^2 t \left( 1 - \frac{\mu^2 t}{\sigma^2} \right)
\end{aligned}$$

Untuk  $\Delta t \rightarrow 0$ ,  $Var(\ln P_t) = \sigma^2 t$ . Proses inilah yang disebut dengan *geometri Brownian motion*. Secara umum model *geometric Brownian motion* dinyatakan sebagai berikut[1]:

$$dP = \mu P dt + \sigma P dZ. \quad (2.2)$$

dengan:

$P$  : harga minyak mentah

$\mu$  : nilai *drift*

$\sigma$  : nilai volatilitas

$dZ$  : perubahan dalam Proses Wiener.

Berdasarkan [13] diasumsikan bahwa  $P$  dalam persamaan (2.2) mengikuti Lemma Ito. Kemudian misalkan  $\ln P = F(P, t)$ ,  $\mu P = \mu(P, t)$ , dan  $\sigma P = \sigma(P, t)$  sehingga menggunakan Persamaan (2.1) didapatkan persamaan:

$$\begin{aligned}
d(\ln P) &= \left( \frac{\partial(\ln P)}{\partial P} \mu P + \frac{\partial(\ln P)}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2(\ln P)}{\partial P^2} (\sigma P)^2 \right) dt \\
&\quad + \left( \sigma \frac{\partial(\ln P)}{\partial P} \right) dZ_t
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{1}{P} \mu P + 0 + \frac{1}{2} \left( \frac{-1}{P^2} \right) (\sigma P)^2 \right) dt + \frac{(\sigma P)}{P} dZ_t \\
&= \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dZ_t \\
\ln P_t - \ln P_{t-1} &= \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dZ_t \\
\ln P_t &= \ln P_{t-1} + \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dZ_t \\
e^{\ln P_t} &= e^{\ln P_{t-1} + (\mu - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma dZ_t} \\
P_t &= P_{t-1} e^{(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma dZ_t}. \tag{2.3}
\end{aligned}$$

dimana  $Z_t = \epsilon \sqrt{t}$ [12], maka Persamaan (2.3) dapat dituliskan :

$$P_t = P_{t-1} e^{(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma \epsilon \sqrt{dt}}. \tag{2.4}$$

Sehingga untuk setiap peramalan harga minyak mentah pada saat  $t$  dapat diperoleh dari persamaan model *geometric Brownian motion* sebagai berikut[12]:

$$F_t = F_{t-1} e^{(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma \epsilon \sqrt{dt}}. \tag{2.5}$$

dengan:

- $F_t$  : Ramalan harga minyak mentah saat  $t$
- $F_{t-1}$  : Ramalan harga minyak mentah saat  $t-1$
- $\mu$  : nilai *drift*
- $\sigma$  : nilai volatilitas.

## 2.9 Return minyak mentah

Rumus dari *return* minyak mentah didefinisikan sebagai berikut[13]:

$$R_t = \ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \tag{2.6}$$

dengan :

- $R_t$  : *return* minyak mentah waktu  $t$   
 $P_t$  : harga minyak mentah aktual waktu  $t$   
 $P_{t-1}$  : harga minyak mentah aktual waktu  $t - 1$ .

## 2.10 Estimasi Parameter

Langkah yang harus dilakukan sebelum meramalkan harga minyak mentah adalah estimasi nilai volatilitas dan *drift* dari data harga minyak mentah.

### 2.10.1 Volatilitas

Volatilitas adalah tingkat pergerakan harga minyak mentah. Rumus dari nilai volatilitas adalah sebagai berikut [13]:

$$\hat{\sigma} = \frac{s_r}{\Delta t} \quad (2.7)$$

dimana rumus dari  $\bar{R}$  dan  $s_r$  adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{t=1}^n (R_t)}{n} \quad (2.8)$$

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R})^2}{n - 1}} \quad (2.9)$$

dengan:

- $\hat{\sigma}$  : nilai estimasi volatilitas  
 $s_r$  : standar deviasi minyak mentah  
 $\Delta t$  : selang waktu dalam penghitungan nilai *return*  
 $\bar{R}$  : rata-rata *return*  
 $R_t$  : *return* ke- $t$ .

### 2.10.2 Drift

*Drift* adalah ekspektasi laju pergerakan harga minyak mentah. Rumus dari *drift* adalah sebagai berikut [13]:

$$\hat{\mu} = \frac{\bar{R}}{\Delta t} + \frac{\hat{\sigma}^2}{2} \quad (2.10)$$

dengan:

- $\hat{\mu}$  : nilai estimasi *drift*
- $\bar{R}$  : rata-rata *return*
- $\Delta t$  : selang waktu dalam penghitungan nilai *return*
- $\hat{\sigma}$  : nilai volatilitas.

### 2.11 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah rata-rata presentase absolut dari kesalahan peramalan. MAPE merupakan faktor yang penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan. MAPE akan menunjukkan seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai aktual. Apabila nilai MAPE yang dihasilkan dari sebuah metode peramalan semakin kecil maka metode peramalan tersebut semakin baik. Rumus dari MAPE didefinisikan sebagai berikut [6]:

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|P_t - F_t|}{P_t} \frac{100\%}{N} \quad (2.11)$$

dengan:

- $P_t$  : harga minyak mentah aktual pada waktu  $t$
  - $N$  : jumlah data harga minyak mentah
  - $F_t$  : peramalan harga minyak mentah aktual pada waktu  $t$ .
- Untuk mengetahui akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 2.1 [6].

Tabel 2.1: Nilai MAPE sebagai Tingkat Akurasi Peramalan

Presentase MAPE	Tingkat Akurasi
< 10%	Akurasi peramalan tinggi
10% – 20%	Akurasi peramalan baik
21% – 50%	Akurasi peramalan biasa
> 50%	Peramalan tidak akurat

## 2.12 Selang Kepercayaan

Untuk menguji akurasi peramalan dari model *geometric Brownian motion* dibuat selang kepercayaan 95%. Rumus dari selang kepercayaan  $\mu$  adalah sebagai berikut[12]:

$$\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Sehingga dengan menggunakan persamaan

$$\ln P_0 + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_t,$$

dimana nilai dari  $E(\ln P_t) = (\ln P_0 + \mu - \frac{1}{2}\sigma^2)t$  dan  $Var(\ln P_t) = \sigma^2 t$ . Selang kepercayaan 95% dari  $\ln P_t$  adalah sebagai berikut[11]:

$$\begin{aligned} \ln P_0 + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t - 1.96\sigma\sqrt{t} &\leq \ln P_t \leq \ln P_0 + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + 1.96\sigma\sqrt{t} \\ e^{\ln P_0 + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t - 1.96\sigma\sqrt{t}} &\leq P_t \leq e^{\ln P_0 + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + 1.96\sigma\sqrt{t}} \quad (2.12) \end{aligned}$$

dengan:

- $P_t$  : harga minyak mentah aktual saat t
- $P_0$  : harga minyak mentah awal
- $\mu$  : nilai *drift*
- $\sigma$  : nilai volatilitas.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

#### 1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data harga minyak mentah yang diperoleh dari US. Energy Information Administration. Data harga minyak mentah yang digunakan merupakan data minyak mentah jenis *West Texas Intermediate* (WTI) periode April 2016 sampai dengan November 2016. Proses pergerakan harga minyak mentah mengikuti proses standar *Wiener*, sehingga dari data harga minyak mentah yang didapat akan dicari nilai *return* minyak mentah. Kemudian setelah didapat nilai *return* minyak mentah, selanjutnya akan dilakukan uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov return* minyak mentah menggunakan *software* minitab.

#### 2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori pendukung antara lain uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov*, proses stokastik, *random walk*, *Brownian motion*, persamaan diferensial stokastik, *geometric Brownian motion*, *return* minyak mentah, estimasi parameter, *Mean Absolute Percentage Error*.

### 3. Estimasi parameter model

Pada tahap ini dilakukan estimasi parameter  $\hat{\mu}$  dan  $\hat{\sigma}$  dari model *geometric Brownian motion* menggunakan data harga minyak mentah jenis WTI periode April 2016 sampai dengan November 2016.

### 4. Prediksi Harga Minyak Mentah

Setelah didapatkan nilai  $\hat{\mu}$  dan  $\hat{\sigma}$ , pada tahap ini dihitung prediksi harga minyak mentah bulan Desember 2016. Selain itu akan ditunjukkan hasil dari prediksi harga minyak mentah dengan program matlab.

### 5. Validasi model

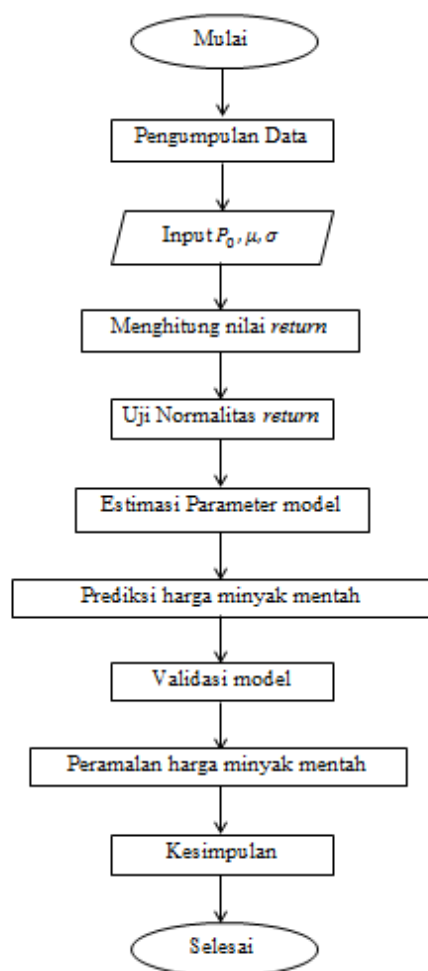
Setelah didapat hasil prediksi harga minyak mentah pada periode Desember tahun 2016, selanjutnya dilakukan penghitungan nilai MAPE. Nilai MAPE menunjukkan akurasi dari model *geometric Brownian motion* dalam prediksi harga minyak mentah. Setelah dilakukan penghitungan nilai MAPE.

### 6. Peramalan Harga Minyak Mentah

Pada tahapan ini akan dilakukan peramalan harga minyak mentah bulan Januari 2017 dengan menggunakan selang kepercayaan 95%.

### 7. Penarikan kesimpulan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini penulis menarik kesimpulan berdasarkan hasil dari prediksi harga minyak mentah menggunakan model *geometric Brownian motion*. Setelah menarik kesimpulan, penulis melakukan penyusunan laporan tugas akhir.



Gambar 3.1: Diagram Alir Metode Penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

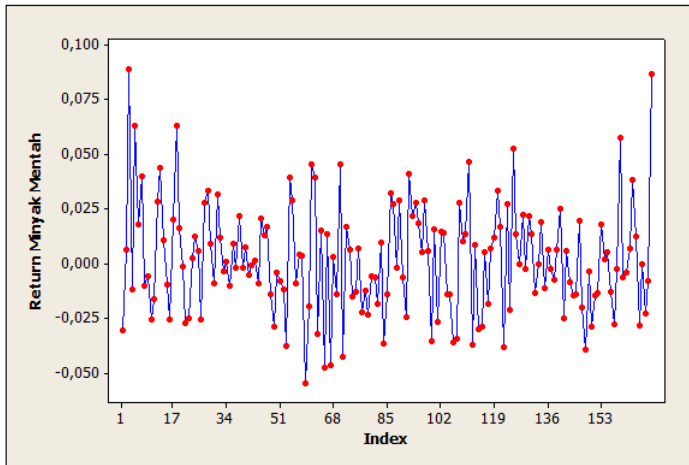
Pada bab ini dijelaskan mengenai langkah-langkah untuk menghitung nilai *return* minyak mentah, uji normalitas *return* minyak mentah, estimasi parameter model *geometric Brownian motion*, prediksi harga minyak mentah serta menampilkan hasil dari peramalan harga minyak mentah menggunakan *software* matlab, validasi model dengan nilai MAPE, penghitungan selang kepercayaan 95%.

#### 4.1 Perhitungan *Return* Minyak Mentah

Tahap pertama yang dilakukan setelah mendapatkan data harga minyak mentah adalah menghitung *return* minyak mentah. Data harga minyak mentah dan *return* minyak mentah dapat dilihat pada Lampiran A dan Lampiran B. Dengan menggunakan Persamaan (2.6), berikut adalah perhitungan *return* minyak mentah dari bulan April 2016 sampai November 2016:

$$\begin{aligned} R_2 &= \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = \ln \left( \frac{34,3}{35,36} \right) = -0,030435884 \\ R_3 &= \ln \left( \frac{P_3}{P_2} \right) = \ln \left( \frac{34,52}{34,3} \right) = 0,006393512 \\ &\vdots \\ R_{169} &= \ln \left( \frac{P_{169}}{P_{168}} \right) = \ln \left( \frac{45,29}{45,66} \right) = -0,00813638 \\ R_{170} &= \ln \left( \frac{P_{170}}{P_{169}} \right) = \ln \left( \frac{49,41}{45,29} \right) = 0,087066575 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai *return* minyak mentah, langkah selanjutnya adalah membuat plot dari *return* tersebut. Plot ini berguna untuk mengetahui pola dari *return* minyak mentah. Plot dari *return* minyak mentah ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1: Plot *Return* Minyak Mentah

Pada Gambar (4.1) menunjukkan bahwa *return* dari harga minyak mentah bersifat acak. Berdasarkan [14] dari penelitian Postalli dan Pichetti mengatakan bahwa *return* dari aset dalam hal ini minyak mentah berdistribusi normal.

## 4.2 Uji Normalitas

Pada tahap ini dilakukan uji normalitas terhadap *return* minyak mentah periode April 2016 sampai dengan November 2016 yang telah didapat dari tahap sebelumnya. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah *return* minyak mentah berdistribusi normal atau tidak. Berikut

adalah uji normalitas *return* minyak mentah.

Hipotesis:

$H_0$  : Data *return* minyak mentah berdistribusi normal

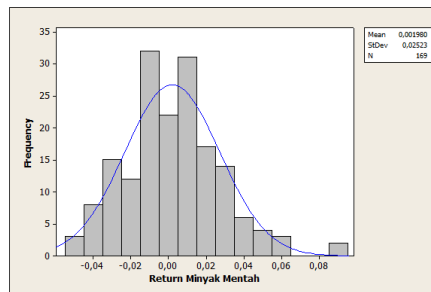
$H_1$  : Data *return* minyak mentah tidak berdistribusi normal.

Statistik Uji:

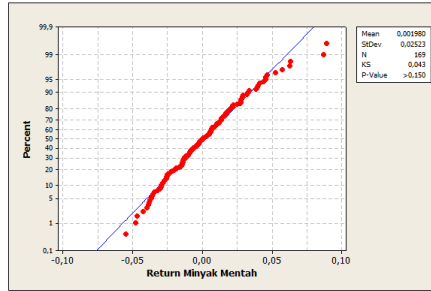
$$\begin{aligned}
 D_{hitung} &= \max |F_t - F_s| \\
 &= 0,04340152 \\
 D_{\alpha,n} &= D_{0,05;169} \\
 &= \frac{1,36}{\sqrt{169}} \\
 &= 0,1046153
 \end{aligned}$$

Kriteria Pengujian :

Hasil dari  $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa *return* minyak mentah berdistribusi normal. Tabel *Kolmogorov-Smirnov* dan perhitungan dalam uji normal dapat dilihat pada Lampiran C dan Lampiran D. Histogram dan hasil uji normalitas *return* minyak mentah menggunakan *software* minitab ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2: Histogram *Return* Minyak Mentah



Gambar 4.3: Uji Normalitas *Return* Minyak Mentah

### 4.3 Estimasi Parameter

Pada tahap ini dilakukan estimasi parameter volatilitas dan *drift* dari model *geometric Brownian motion*. Nilai dari parameter *drift* dan volatilitas adalah konstan, nilai ini yang akan digunakan dalam memprediksikan harga minyak mentah periode Desember 2016. Langkah pertama dalam menghitung nilai volatilitas adalah menghitung rata-rata *return* dan standar deviasi dari *return*. Dengan menggunakan hasil perhitungan *return* minyak mentah pada Lampiran B, perhitungan rata-rata *return* berdasarkan Persamaan (2.8) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \bar{R} &= \frac{\sum_{t=2}^{170} R_t}{169} \\
 &= \frac{R_2 + R_3 + \cdots + R_{169} + R_{170}}{169} \\
 &= \frac{-0,030435884 + 0,006393512 + \cdots + 0,087066575}{169} \\
 &= 0,001979714.
 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai rata-rata *return* selanjutnya menghitung standar deviasi *return*, berdasarkan Persamaan (2.9) berikut



adalah perhitungan standar deviasi *return*:

$$\begin{aligned}
 s_r^2 &= [(-0,030435884 - 0,001979714)^2 + \dots \\
 &\quad + (0,087066575 - 0,001979714)^2] \left( \frac{1}{169 - 1} \right) \\
 &= \frac{(0,001050771)^2 + \dots + (0,007239774)^2}{168} \\
 s_r &= \sqrt{0,000632776}. \\
 &= 0,025229791.
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi *return* minyak mentah, maka langkah selanjutnya dilakukan penghitungan parameter  $\hat{\sigma}$ . Berdasarkan Persamaan (2.7) maka didapatkan

$$\begin{aligned}
 \hat{\sigma} &= \frac{0,025229791}{1}. \\
 &= 0,025229791.
 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai parameter  $\hat{\mu}$ . Berdasarkan Persamaan (2.10) maka nilai dari  $\hat{\mu}$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \hat{\mu} &= \frac{0,001979714}{1} + \frac{(0,025229791)^2}{2} \\
 &= \frac{0,001979714}{1} + \frac{0,000636542}{2} \\
 &= 0,002297985.
 \end{aligned}$$

#### 4.4 Prediksi Harga Minyak Mentah

Setelah didapatkan nilai *drift* dan volatilitas, langkah selanjutnya adalah menghitung prediksi harga minyak mentah dengan parameter *drift* dan volatilitas. Pada tahap ini diprediksikan harga minyak mentah. Berikut adalah perhitungan prediksi harga minyak mentah pada bulan Desember 2016:

Dengan menggunakan program matlab dari Persamaan (2.5) dihitung prediksi harga minyak mentah dengan 100, 1000, dan 10000 realisasi lintasan model *geometric Brownian motion*.

Prediksi harga minyak mentah dengan 100 realisasi lintasan model *geometric Brownian motion*.

$$\begin{aligned}
F_t &= P_{t-1}e^{(\hat{\mu}-\frac{1}{2}\hat{\sigma}^2)t+\hat{\sigma}Z_t} \\
F_1 &= P_0e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_1 &= 49,41e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 50,1841 \\
F_2 &= F_1e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_2 &= 50,1841e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 53,6049 \\
&\vdots \\
F_{20} &= F_{19}e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{20} &= 54,8400e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 56,0870 \\
F_{21} &= F_{20}e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{21} &= 56,0870e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 54,8277.
\end{aligned}$$

Prediksi harga minyak mentah dengan 1000 realisasi lintasan model *geometric Brownian motion*.

$$\begin{aligned}
F_t &= P_{t-1}e^{(\hat{\mu}-\frac{1}{2}\hat{\sigma}^2)t+\hat{\sigma}Z_t} \\
F_1 &= P_0e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_1 &= 49,41e^{(0,002297985-\frac{1}{2}0,025229791^2)1+0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 50,0479
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F_2 &= F_1 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_2 &= 50,0479 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 50,9570 \\
&\vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{20} &= 53,1309 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 54,8795 \\
F_{21} &= F_{20} e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{21} &= 54,8795 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 52,3349.
\end{aligned}$$

Prediksi harga minyak mentah dengan 10000 realisasi lintasan model *geometric Brownian motion*.

$$\begin{aligned}
F_1 &= P_0 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_1 &= 49,41 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 50,3734 \\
F_2 &= F_1 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_2 &= 50,3734 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 52,9302 \\
&\vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{20} &= 50,1164 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 54,0962 \\
&\vdots \\
F_{21} &= F_{20} e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
F_{21} &= 54,0962 e^{(0,002297985 - \frac{1}{2}0,025229791^2)1 + 0,025229791\epsilon\sqrt{1}} \\
&= 54,4345.
\end{aligned}$$

Hasil prediksi harga minyak mentah bulan Desember 2016 menggunakan model *geometric Brownian motion* dengan iterasi 100, 1000, dan 10000 dari model *geometri Brownian motion* masing-masing ditunjukkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.1: Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 100 iterasi model *geometric Brownian motion*

Tanggal	Harga Aktual	Prediksi	Error
01 Desember 2016	51,08	50,1841	0,8959
02 Desember 2016	51,7	53,6049	1,9049
05 Desember 2016	51,72	48,9328	2,7872
06 Desember 2016	50,95	52,9621	2,0121
07 Desember 2016	49,85	51,4362	1,6132
08 Desember 2016	50,84	48,3277	2,5123
09 Desember 2016	51,51	50,3865	1,1235
12 Desember 2016	52,74	52,0602	0,6798
13 Desember 2016	52,99	57,8374	4,8474
14 Desember 2016	51,01	56,9376	5,9276
15 Desember 2016	50,9	49,3997	1,5003
16 Desember 2016	51,93	55,0594	3,1294
19 Desember 2016	52,13	52,9940	0,864
20 Desember 2016	52,22	52,1503	0,0697
21 Desember 2016	51,44	53,2756	1,8356
22 Desember 2016	51,98	51,2761	0,7039
23 Desember 2016	52,01	51,9201	0,0899
27 Desember 2016	52,82	54,1090	1,289
28 Desember 2016	54,01	54,8400	0,83
29 Desember 2016	53,8	56,0870	2,287
30 Desember 2016	53,75	54,8277	1,0777

Tabel 4.2 : Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 1000 iterasi model *geometric Brownian motion*

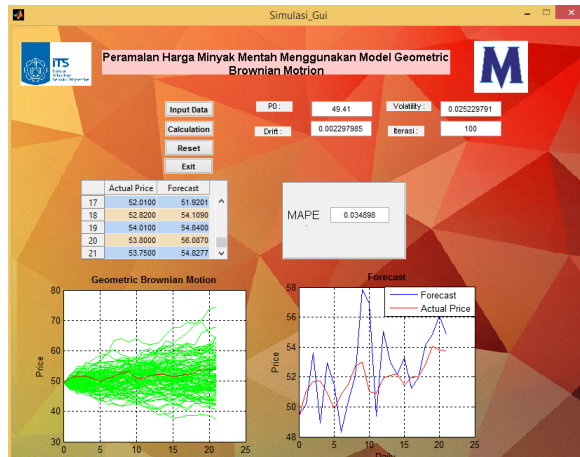
Tanggal	Harga Aktual	Ramalan	Error
01 Desember 2016	51,08	50,0479	1,0321
02 Desember 2016	51,7	50,9570	0,7430
05 Desember 2016	51,72	53,9789	2,2589
06 Desember 2016	50,95	50,0752	0,8748
07 Desember 2016	49,85	52,3164	2,4664
08 Desember 2016	50,84	50,1301	0,7099
09 Desember 2016	51,51	51,0470	0,4630
12 Desember 2016	52,74	52,5538	0,1862
13 Desember 2016	52,99	54,4599	1,4699
14 Desember 2016	51,01	51,6795	0,6695
15 Desember 2016	50,9	52,8405	1,9405
16 Desember 2016	51,93	49,4674	2,4626
19 Desember 2016	52,13	50,6418	1,4882
20 Desember 2016	52,22	51,3545	0,8655
21 Desember 2016	51,44	53,3048	1,8648
22 Desember 2016	51,98	50,1692	1,8108
23 Desember 2016	52,01	52,5247	0,5147
27 Desember 2016	52,82	52,6574	0,1626
28 Desember 2016	54,01	53,1309	0,8791
29 Desember 2016	53,8	54,8795	1,0795
30 Desember 2016	53,75	52,3349	1,4151

Selanjutnya akan ditunjukkan hasil prediksi harga minyak mentah dengan model *geometric Brownian motion* menggunakan program matlab. Hasil program matlab yang ditunjukkan terdiri dari running 100 iterasi, 1000 iterasi, dan 10000 iterasi. Listing program prediksi harga minyak mentah menggunakan program matlab ditunjukkan pada Lampiran E.

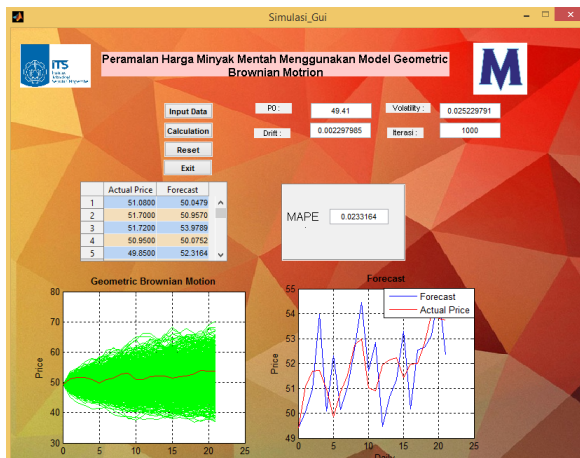
Tabel 4.3 : Hasil Prediksi Harga Minyak Mentah dengan 10000 iterasi model *geometric Brownian motion*

Tanggal	Harga Aktual	Prediksi	Error
01 Desember 2016	51,08	50,3734	0,7066
02 Desember 2016	51,7	52,9302	1,2302
05 Desember 2016	51,72	50,1503	1,5697
06 Desember 2016	50,95	54,0422	3,0922
07 Desember 2016	49,85	49,8627	0,0127
08 Desember 2016	50,84	49,9223	0,9177
09 Desember 2016	51,51	51,1552	0,3548
12 Desember 2016	52,74	53,7041	0,9641
13 Desember 2016	52,99	53,4612	0,4712
14 Desember 2016	51,01	52,9866	1,9766
15 Desember 2016	50,9	49,0989	1,8011
16 Desember 2016	51,93	50,3832	1,5468
19 Desember 2016	52,13	53,7222	1,5922
20 Desember 2016	52,22	52,504	0,2840
21 Desember 2016	51,44	50,3391	1,1009
22 Desember 2016	51,98	52,2358	0,2558
23 Desember 2016	52,01	52,9287	0,9187
27 Desember 2016	52,82	52,772	0,0480
28 Desember 2016	54,01	50,1164	3,8936
29 Desember 2016	53,8	54,0962	0,2962
30 Desember 2016	53,75	54,4345	0,6845

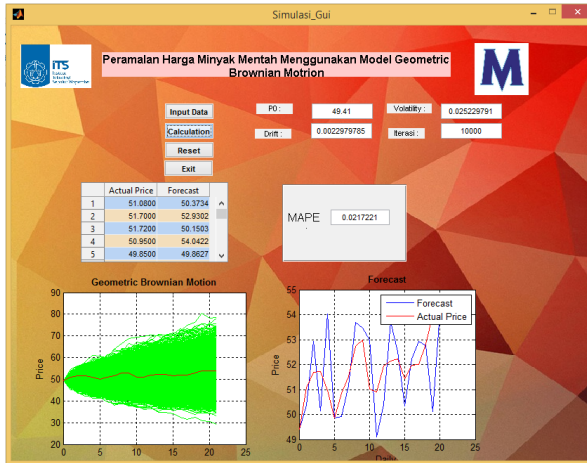
Berdasarkan Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 prediksi harga minyak mentah dengan iterasi sebanyak 100, 1000, dan 10000 dari model *geometric Brownian motion* menghasilkan nilai MAPE masing-masing sebesar 3,49%, 2,33%, dan 2,17%.



Gambar 4.4: 100 iterasi model *geometric Brownian motion*



Gambar 4.5: 1000 iterasi model *geometric Brownian motion*



Gambar 4.6: 10000 iterasi model *geometric Brownian motion*

#### 4.5 Validasi Model

Setelah didapatkan hasil prediksi harga minyak mentah pada bulan Desember 2016 yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3, pada tahap selanjutnya dihitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) prediksi untuk mengetahui tingkat akurasi model *geometric Brownian motion* dalam memprediksikan harga minyak mentah. Dengan menggunakan Persamaan (2.11) dihitung nilai error dari prediksi harga minyak mentah dengan 100, 1000, dan 10000 iterasi model *geometric Brownian motion*.

MAPE prediksi harga minyak mentah dengan 100 iterasi dari model *geometric Brownian motion*.

$$MAPE = \left( \frac{\frac{|51,08 - 50,1841|}{51,08} + \dots + \frac{|53,75 - 54,8277|}{53,75}}{21} \right) 100\%$$



$$\begin{aligned}
&= (0,017539154 + \dots + 0,020050233)100\% \\
&= (0,034897984)100\% \\
&= 3,49\%.
\end{aligned}$$

MAPE prediksi harga minyak mentah dengan 1000 iterasi dari model *geometric Brownian motion*.

$$\begin{aligned}
MAPE &= \left( \frac{\frac{|51,08-50,0490|}{51,08} + \dots + \frac{|53,75-52,3349|}{53,75}}{21} \right) 100\% \\
&= (0,02020556 + \dots + 0,026327442)100\% \\
&= (0,02331641)100\% \\
&= 2,33\%.
\end{aligned}$$

MAPE prediksi harga minyak mentah dengan 10000 iterasi dari model *geometric Brownian motion*.

$$\begin{aligned}
MAPE &= \left( \frac{\frac{|51,08-50,3734|}{51,08} + \dots + \frac{|53,75-54,4345|}{53,75}}{21} \right) 100\% \\
&= (0,01383320 + \dots + 0,01273488)100\% \\
&= (0,02172206)100\% \\
&= 2,17\%.
\end{aligned}$$

#### 4.6 Peramalan Harga Minyak Mentah

Pada tahap ini akan dilakukan peramalan harga minyak mentah pada bulan Januari 2017. Dengan menggunakan Persamaan (2.12), selang kepercayaan 95% untuk peramalan harga minyak mentah ditunjukkan pada Tabel 4.4. Pada Tabel 2.2 nilai ramalan harga minyak mentah ditunjukkan pada kolom kedua. Sedangkan batas atas dan batas bawah untuk peramalan harga minyak mentah ditunjukkan pada kolom ketiga dan keempat.

Tabel 4.4: Selang Kepercayaan 95% Peramalan Harga Minyak Mentah bulan Januari 2017

Tanggal	Ramalan	Batas Bawah	Batas Atas
02 Jan 2017	54,5664	47,12	52,02
03 Jan 2017	54,0996	52,04	57,45
43 Jan 2017	50,8728	51,59	56,95
05 Jan 2017	49,4414	48,51	53,56
06 Jan 2017	50,6691	47,15	52,05
09 Jan 2017	49,1384	48,32	53,34
10 Jan 2017	49,7813	46,86	51,73
11 Jan 2017	51,7594	47,47	52,41
12 Jan 2017	48,7075	49,36	54,49
13 Jan 2017	50,8142	46,45	51,28
16 Jan 2017	49,5231	48,46	53,50
17 Jan 2017	51,0749	47,23	52,14
18 Jan 2017	47,9615	48,71	53,77
19 Jan 2017	49,2038	45,74	50,49
20 Jan 2017	52,5184	46,92	51,80
23 Jan 2017	50,5195	50,08	55,29
24 Jan 2017	47,8436	48,18	53,19
25 Jan 2017	47,4844	45,63	50,37
27 Jan 2017	48,7396	45,28	49,99
30 Jan 2017	50,1963	46,48	51,31
31 Jan 2017	49,2341	47,87	52,85

Berdasarkan Tabel 4.4 terdapat 6 data peramalan harga minyak mentah yang berada di luar batas dari selang kepercayaan 95%.

## BAB V

### PENUTUP

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya serta saran untuk penelitian selanjutnya.

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan, kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Peramalan harga minyak mentah dengan menggunakan model *geometric Brownian motion* dapat dilakukan apabila *return* dari minyak mentah berdistribusi normal.
2. Hasil dari peramalan harga minyak mentah bulan Desember 2016 dengan 100 iterasi dari model *geometric Brownian motion* didapatkan harga minimum minyak mentah sebesar \$48,33/barrel dan harga maksimum sebesar \$57,84/barrel. Rata-rata hasil peramalan harga minyak mentah adalah \$52,79/barrel. Sedangkan peramalan harga minyak mentah dengan 1000 iterasi dari model *geometric Brownian motion* didapatkan harga minimum minyak mentah sebesar \$49,4674/barrel dan harga maksimum sebesar \$54,8795/barrel dengan rata-rata hasil peramalan harga minyak mentah adalah \$51,9310/barrel. Peramalan harga minyak mentah dengan 10000 iterasi dari model *geometric Brownian motion* didapatkan harga minimum minyak mentah sebesar \$49,0989/barrel dan harga maksimum sebesar \$54,4345/barrel dengan rata-rata hasil peramalan harga minyak mentah adalah \$51,9628/barrel.

3. Hasil prediksi harga minyak mentah 100, 1000, dan 10000 iterasi dari model *geometric Brownian motion* menghasilkan nilai MAPE masing-masing sebesar 3,49%, 2,33% , dan 2,17%, sehingga dapat disimpulkan semakin banyak jumlah iterasi dari model maka prediksi harga minyak mentah yang dihasilkan semakin baik.

## 5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini model yang digunakan *geometric Brownian motion*. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan model peramalan lain sebagai perbandingan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oud, M. A. A. 2014. **The dynamics of oil price and valuation of oil derivatives**. School of Mathematics and Applied Statistics, University of Wollongong, Australia.
- [2] *http : //www.seputarforex.com/data/harga\_minyak/* diakses pada 22 Agustus 2016.
- [3] Pereboichuk, B. 2013. **Modelling of Crude Oil Price With A Special Emphasis On Macroeconomic Factors**. Departement of Economics Copenhagen Bussiness School.
- [4] *http : //dimasbayuprasetyorega.blogspot.co.id/* diakses pada 23 Agustus 2016.
- [5] *http : //repository.upi.edu/1369/2/s\_d5051-0611027\_chapter2.pdf* diakses pada 23 Agustus 2016.
- [6] Abidin, S.N.Z. 2013. **Forecasting Share Prices of Small Size Companies in Bursa Malaysia Using Geometric Brownian Motion**. Departement of Mathematics, Faculty of Computer and Mathematical Science.
- [7] Mostafaei, H., Sani, A.A.R., & Askari, S. 2013. **A Methodology for the Choice of the Best Fitting Continuous-Time Stochastic Models of Crude Oil Price: The Case of Russia**. International Journal of Energy Economics and Policy, Vol.3, No.2,137-142.

- [8] Affiani, I.K.. 2015. **Prediksi Harga Saham Menggunakan Geometric Brownian Motion.** Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Surabaya.
- [9] Massey, F.J. 1951. **The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit** Journal of the American Statistical Association, Vol.46, No.253,pp. 68-78
- [10] Ross, S.M. 2010. **Introduction to Probability Models. 10th Edition.** United States of America.
- [11] Au, K.T., Ray M., & Thurston, C.D. 1997. **An Intuitive Explanation of Brownian Motion as a Limit of a Random Walk.** Journal of Financial Education, Vol. 23 pp.91-94.
- [12] Dmouj, A. 2006. **Stock price modelling:Theory and Practice.** Vrije Universiteit Faculty of sciences Amsterdam,The Netherlands.
- [13] Tsay, R.S. 2006. **Analysis of Financial Time Series.**Financial Econometrics, University of Chicago.
- [14] Postali, F.A.S. & Picchetti, P. 2006. **Gometric Brownian Motion and structural breaks in oil price: A quantitative analysis.**Departement of Economics, University of Sao Paulo.

## LAMPIRAN A

### Data Harga Minyak Mentah

No	Tanggal	Harga Minyak Mentah	No	Tanggal	Harga Minyak Mentah
1	01 April 2016	35,36	32	16 Mei 2016	47,72
2	04 April 2016	34,3	33	17 Mei 2016	48,29
3	05 April 2016	34,52	34	18 Mei 2016	48,12
4	06 April 2016	37,74	35	19 Mei 2016	48,16
5	07 April 2016	37,3	36	20 Mei 2016	47,67
6	08 April 2016	39,74	37	23 Mei 2016	48,12
7	11 April 2016	40,46	38	24 Mei 2016	48,04
8	12 April 2016	42,12	39	25 Mei 2016	49,1
9	13 April 2016	41,7	40	26 Mei 2016	49
10	14 April 2016	41,45	41	27 Mei 2016	49,36
11	15 April 2016	40,4	42	31 Mei 2016	49,1
12	18 April 2016	39,74	43	01 Juni 2016	49,07
13	19 April 2016	40,88	44	02 Juni 2016	49,14
14	20 April 2016	42,72	45	03 Juni 2016	48,69
15	21 April 2016	43,18	46	06 Juni 2016	49,71
16	22 April 2016	42,76	47	07 Juni 2016	50,37
17	25 April 2016	41,67	48	08 Juni 2016	51,23
18	26 April 2016	42,52	49	09 Juni 2016	50,52
19	27 April 2016	45,29	50	10 Juni 2016	49,09
20	28 April 2016	46,03	51	13 Juni 2016	48,89
21	29 April 2016	45,98	52	14 Juni 2016	48,49
22	02 Mei 2016	44,75	53	15 Juni 2016	47,92
23	03 Mei 2016	43,65	54	16 Juni 2016	46,14
24	04 Mei 2016	43,77	55	17 Juni 2016	48
25	05 Mei 2016	44,33	56	20 Juni 2016	49,4
26	06 Mei 2016	44,58	57	21 Juni 2016	48,95
27	09 Mei 2016	43,45	58	22 Juni 2016	49,16
28	10 Mei 2016	44,68	59	23 Juni 2016	49,34
29	11 Mei 2016	46,21	60	24 Juni 2016	46,7
30	12 Mei 2016	46,64	61	27 Juni 2016	45,8
31	13 Mei 2016	46,22	62	28 Juni 2016	47,93

## LAMPIRAN A(LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga Minyak Mentah	No	Tanggal	Harga Minyak Mentah
63	29 Juni 2016	49,85	94	12 Agustus 2016	44,47
64	30 Juni 2016	48,27	95	15 Agustus 2016	45,72
65	01 Juli 2016	49,02	96	16 Agustus 2016	46,57
66	05 Juli 2016	46,73	97	17 Agustus 2016	46,81
67	06 Juli 2016	47,37	98	18 Agustus 2016	48,2
68	07 Juli 2016	45,22	99	19 Agustus 2016	48,48
69	08 Juli 2016	45,37	100	22 Agustus 2016	46,8
70	11 Juli 2016	44,73	101	23 Agustus 2016	47,54
71	12 Juli 2016	46,82	102	24 Agustus 2016	46,29
72	13 Juli 2016	44,87	103	25 Agustus 2016	46,97
73	14 Juli 2016	45,64	104	26 Agustus 2016	47,64
74	15 Juli 2016	45,93	105	29 Agustus 2016	46,97
75	18 Juli 2016	45,23	106	30 Agustus 2016	46,32
76	19 Juli 2016	44,64	107	31 Agustus 2016	44,68
77	20 Juli 2016	44,96	108	01 September 2016	43,17
78	21 Juli 2016	43,96	109	02 September 2016	44,39
79	22 Juli 2016	43,41	110	06 September 2016	44,85
80	25 Juli 2016	42,4	111	07 September 2016	45,47
81	26 Juli 2016	42,16	112	08 September 2016	47,63
82	27 Juli 2016	41,9	113	09 September 2016	45,88
83	28 Juli 2016	41,13	114	12 September 2016	46,28
84	29 Juli 2016	41,54	115	13 September 2016	44,91
85	01 Agustus 2016	40,05	116	14 September 2016	43,62
86	02 Agustus 2016	39,5	117	15 September 2016	43,85
87	03 Agustus 2016	40,8	118	16 September 2016	43,04
88	04 Agustus 2016	41,92	119	19 September 2016	43,34
89	05 Agustus 2016	41,83	120	20 September 2016	43,85
90	08 Agustus 2016	43,06	121	21 September 2016	45,33
91	09 Agustus 2016	42,78	122	22 September 2016	46,1
92	10 Agustus 2016	41,75	123	23 September 2016	44,36
93	11 Agustus 2016	43,51	124	26 September 2016	45,6



# LAMPIRAN A(LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga Minyak Mentah	No	Tanggal	Harga Minyak Mentah
125	27 September 2016	44,65	148	28 Oktober 2016	48,72
126	28 September 2016	47,07	149	31 Oktober 2016	46,83
127	29 September 2016	47,72	150	01 November 2016	46,66
128	30 September 2016	47,72	151	02 November 2016	45,32
129	03 Oktober 2016	48,8	152	03 November 2016	44,66
130	04 Oktober 2016	48,67	153	04 November 2016	44,07
131	05 Oktober 2016	49,75	154	07 November 2016	44,88
132	06 Oktober 2016	50,44	155	08 November 2016	44,96
133	07 Oktober 2016	49,76	156	09 November 2016	45,2
134	10 Oktober 2016	49,76	157	10 November 2016	44,62
135	11 Oktober 2016	50,72	158	11 November 2016	43,39
136	12 Oktober 2016	50,14	159	14 November 2016	43,29
137	13 Oktober 2016	50,47	160	15 November 2016	45,86
138	14 Oktober 2016	50,35	161	16 November 2016	45,56
139	17 Oktober 2016	49,97	162	17 November 2016	45,37
140	18 Oktober 2016	50,3	163	18 November 2016	45,69
141	19 Oktober 2016	51,59	164	21 November 2016	47,48
142	20 Oktober 2016	50,31	165	22 November 2016	48,07
143	21 Oktober 2016	50,61	166	23 November 2016	46,72
144	24 Oktober 2016	50,18	167	25 November 2016	46,72
145	25 Oktober 2016	49,45	168	28 November 2016	45,66
146	26 Oktober 2016	48,75	169	29 November 2016	45,29
147	27 Oktober 2016	49,71	170	30 November 2016	49,41

Halaman ini sengaja dikosongkan.

**LAMPIRAN B**  
**Tabel *Return* Minyak Mentah**

No	Harga Minyak Mentah	Return	No	Harga Minyak Mentah	Return
1	35,36		28	44,68	0,027915122
2	34,3	-0,030435884	29	46,21	0,033670251
3	34,52	0,006393512	30	46,64	0,009262317
4	37,74	0,089181674	31	46,22	-0,009045937
5	37,3	-0,011727213	32	47,72	0,031937992
6	39,74	0,06336491	33	48,29	0,011873903
7	40,46	0,017955595	34	48,12	-0,003526609
8	42,12	0,040208856	35	48,16	0,00083091
9	41,7	-0,010021558	36	47,67	-0,010226532
10	41,45	-0,006013247	37	48,12	0,009395622
11	40,4	-0,025658097	38	48,04	-0,001663894
12	39,74	-0,016471548	39	49,1	0,021825038
13	40,88	0,028282709	40	49	-0,002038737
14	42,72	0,044026249	41	49,36	0,007320081
15	43,18	0,01071023	42	49,1	-0,005281345
16	42,76	-0,009774339	43	49,07	-0,000611185
17	41,67	-0,025821641	44	49,14	0,001425517
18	42,52	0,020193108	45	48,69	-0,009199697
19	45,29	0,063111704	46	49,71	0,02073245
20	46,03	0,0162071	47	50,37	0,01318964
21	45,98	-0,001086838	48	51,23	0,016929538
22	44,75	-0,027115075	49	50,52	-0,013956
23	43,65	-0,024888162	50	49,09	-0,028713949
24	43,77	0,002745369	51	48,89	-0,004082471
25	44,33	0,012712998	52	48,49	-0,008215285
26	44,58	0,005623679	53	47,92	-0,011824637
27	43,45	-0,025674476	54	46,14	-0,037852701

## LAMPIRAN B(LANJUTAN)

No	Harga Minyak Mentah	Return	No	Harga Minyak Mentah	Return
55	48	0,039520758	82	41,9	-0,006186077
56	49,4	0,028749413	83	41,13	-0,018548045
57	48,95	-0,009151055	84	41,54	0,009919036
58	49,16	0,004280916	85	40,05	-0,036528145
59	49,34	0,003654826	86	39,5	-0,013828002
60	46,7	-0,054990946	87	40,8	0,03238141
61	45,8	-0,019460074	88	41,92	0,027080959
62	47,93	0,045457522	89	41,83	-0,002149255
63	49,85	0,039276883	90	43,06	0,028980706
64	48,27	-0,032208247	91	42,78	-0,006523788
65	49,02	0,015418128	92	41,75	-0,024371252
66	46,73	-0,047842021	93	43,51	0,041291345
67	47,37	0,01360276	94	44,47	0,021824008
68	45,22	-0,04644965	95	45,72	0,027721034
69	45,37	0,003311627	96	46,57	0,018420718
70	44,73	-0,014206676	97	46,81	0,005140298
71	46,82	0,045666045	98	48,2	0,029262166
72	44,87	-0,042541042	99	48,48	0,005792321
73	45,64	0,017015105	100	46,8	-0,035268139
74	45,93	0,006333973	101	47,54	0,015688259
75	45,23	-0,015357915	102	46,29	-0,026645507
76	44,64	-0,013130265	103	46,97	0,014583145
77	44,96	0,007142888	104	47,64	0,014163644
78	43,96	-0,022493076	105	46,97	-0,014163644
79	43,41	-0,0125903	106	46,32	-0,013935267
80	42,4	-0,023541467	107	44,68	-0,036047859
81	42,16	-0,005676458	108	43,17	-0,034380165

## LAMPIRAN B(LANJUTAN)

No	Harga Minyak Mentah	Return	No	Harga Minyak Mentah	Return
109	44,39	0,027868409	135	50,72	0,019108862
110	44,85	0,01030937	136	50,14	-0,011501217
111	45,47	0,013729179	137	50,47	0,006560008
112	47,63	0,046410047	138	50,35	-0,002380481
113	45,88	-0,037433523	139	49,97	-0,007575794
114	46,28	0,00868061	140	50,3	0,006582252
115	44,91	-0,030049415	141	51,59	0,025322778
116	43,62	-0,029144726	142	50,31	-0,025123991
117	43,85	0,005258958	143	50,61	0,005945321
118	43,04	-0,018644803	144	50,18	-0,008532644
119	43,34	0,00694608	145	49,45	-0,014654483
120	43,85	0,011698723	146	48,75	-0,014256861
121	45,33	0,033194346	147	49,71	0,019500923
122	46,1	0,016843885	148	48,72	-0,020116497
123	44,36	-0,038474788	149	46,83	-0,0395656
124	45,6	0,027569554	150	46,66	-0,003636757
125	44,65	-0,021053409	151	45,32	-0,02913883
126	47,07	0,052781548	152	44,66	-0,01467019
127	47,72	0,013714742	153	44,07	-0,013298968
128	47,72	0	154	44,88	0,018212982
129	48,8	0,022379716	155	44,96	0,001780944
130	48,67	-0,002667489	156	45,2	0,005323881
131	49,75	0,02194764	157	44,62	-0,012914898
132	50,44	0,013774047	158	43,39	-0,027953189
133	49,76	-0,013573063	159	43,29	-0,002307338
134	49,76	0	160	45,86	0,057671616

**LAMPIRAN B(LANJUTAN)**

No	Harga Minyak Mentah	Return
161	45,56	-0,006563139
162	45,37	-0,004179045
163	45,69	0,007028362
164	47,48	0,038429114
165	48,07	0,012349712
166	46,72	-0,028485943
167	46,72	0
168	45,66	-0,022949697
169	45,29	-0,008136384
170	49,41	0,087066575

**LAMPIRAN C**  
**Tabel *Kolmogorov-Smirnov***

$n \backslash \alpha$	0.01	0.05	0.1	0.15	0.2
1	0.995	0.975	0.950	0.925	0.900
2	0.929	0.842	0.776	0.726	0.684
3	0.828	0.708	0.642	0.597	0.565
4	0.733	0.624	0.564	0.525	0.494
5	0.669	0.565	0.510	0.474	0.446
6	0.618	0.521	0.470	0.436	0.410
7	0.577	0.486	0.438	0.405	0.381
8	0.543	0.457	0.411	0.381	0.358
9	0.514	0.432	0.388	0.360	0.339
10	0.490	0.410	0.368	0.342	0.322
11	0.468	0.391	0.352	0.326	0.307
12	0.450	0.375	0.338	0.313	0.295
13	0.433	0.361	0.325	0.302	0.284
14	0.418	0.349	0.314	0.292	0.274
15	0.404	0.338	0.304	0.283	0.266
16	0.392	0.328	0.295	0.274	0.258
17	0.381	0.318	0.286	0.266	0.250
18	0.371	0.309	0.278	0.259	0.244
19	0.363	0.301	0.272	0.252	0.237
20	0.356	0.294	0.264	0.246	0.231
25	0.320	0.270	0.240	0.220	0.210
30	0.290	0.240	0.220	0.200	0.190
35	0.270	0.230	0.210	0.190	0.180
40	0.250	0.210	0.190	0.180	0.170
45	0.240	0.200	0.180	0.170	0.160
50	0.230	0.190	0.170	0.160	0.150
OVER 50	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$

Halaman ini sengaja dikosongkan.



# LAMPIRAN D

## Uji Normalitas *Return* Minyak Mentah

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
-0,030435884	-0,054990946	-2,25807104	0,01197062	0,00591716	0,006053456
0,006393512	-0,047842021	-1,97471851	0,02415005	0,01183432	0,012315731
0,089181674	-0,04644965	-1,91953092	0,02745859	0,017751479	0,009707109
-0,011727213	-0,042541042	-1,76461057	0,03881462	0,023668639	0,01514598
0,06336491	-0,0395656	-1,6466769	0,04981224	0,029585799	0,020226439
0,017955595	-0,038474788	-1,60344179	0,05441858	0,035502959	0,018915617
0,040208856	-0,037852701	-1,57878497	0,05719269	0,041420118	0,015772575
-0,010021558	-0,037433523	-1,56217054	0,05912391	0,047337278	0,011786631
-0,006013247	-0,036528145	-1,52628528	0,06346942	0,053254438	0,010214978
-0,025658097	-0,036047859	-1,50724883	0,06587344	0,059171598	0,006701847
-0,016471548	-0,035268139	-1,47634408	0,06992577	0,065088757	0,004837016
0,028282709	-0,034380165	-1,44114862	0,07477135	0,071005917	0,003765433
0,044026249	-0,032208247	-1,35506317	0,08769872	0,076923077	0,010775639
0,01071023	-0,030435884	-1,28481434	0,09942858	0,082840237	0,016588348
-0,009774339	-0,030049415	-1,26949641	0,10213204	0,088757396	0,013374639
-0,025821641	-0,029144726	-1,23363844	0,10866883	0,094674556	0,013994275
0,020193108	-0,02913883	-1,23340475	0,1087124	0,100591716	0,00812068
0,063111704	-0,028713949	-1,21656431	0,11188502	0,106508876	0,00537614
0,0162071	-0,028485943	-1,20752713	0,1136146	0,112426036	0,001188566
-0,001086838	-0,027953189	-1,18641105	0,11773	0,118343195	0,000613191
-0,027115075	-0,027115075	-1,15319181	0,12441583	0,124260355	0,000155477
-0,024888162	-0,026645507	-1,13458017	0,12827563	0,130177515	0,001901882
0,002745369	-0,025821641	-1,10192567	0,13524699	0,136094675	0,000847682
0,012712998	-0,025674476	-1,09609271	0,1365191	0,142011834	0,005492732
0,005623679	-0,025658097	-1,09544349	0,13666119	0,147928994	0,011267799
-0,025674476	-0,025123991	-1,07427384	0,14134998	0,153846154	0,012496171
0,027915122	-0,024888162	-1,06492662	0,14345457	0,159763314	0,016308746
0,033670251	-0,024371252	-1,04443854	0,14814127	0,165680473	0,017539203

## LAMPIRAN D(LANJUTAN)

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
0,009262317	-0,023541467	-1,01154943	0,15587677	0,171597633	0,015720866
-0,009045937	-0,022949697	-0,98809424	0,16155325	0,177514793	0,015961544
0,031937992	-0,022493076	-0,96999574	0,16602431	0,183431953	0,017407645
0,011873903	-0,021053409	-0,91293356	0,18063874	0,189349112	0,008710369
-0,003526609	-0,020116497	-0,87579839	0,19056982	0,195266272	0,00469645
0,00083091	-0,019460074	-0,84978061	0,19772354	0,201183432	0,003459897
-0,010226532	-0,018644803	-0,81746681	0,20683086	0,207100592	0,000269736
0,009395622	-0,018548045	-0,81363173	0,20792798	0,213017751	0,005089773
-0,001663894	-0,016471548	-0,73132835	0,23228931	0,218934911	0,013354397
0,021825038	-0,015357915	-0,68718875	0,2459819	0,224852071	0,021129826
-0,002038737	-0,01467019	-0,65993029	0,25464928	0,230769231	0,02388005
0,007320081	-0,014654483	-0,65930774	0,25484909	0,236686391	0,018162695
-0,005281345	-0,014256861	-0,64354771	0,25993438	0,24260355	0,017330832
-0,000611185	-0,014206676	-0,64155862	0,2605799	0,24852071	0,012059194
0,001425517	-0,014163644	-0,63985303	0,26113408	0,25443787	0,006696208
-0,009199697	-0,013956	-0,63162291	0,26381665	0,26035503	0,003461625
0,02073245	-0,013935267	-0,63080112	0,26408529	0,266272189	0,002186904
0,01318964	-0,013828002	-0,62654959	0,26547726	0,272189349	0,006712089
0,016929538	-0,013573063	-0,61644491	0,26880046	0,278106509	0,00930605
-0,013956	-0,013298968	-0,60558097	0,27239652	0,284023669	0,011627146
-0,028713949	-0,013130265	-0,59889434	0,27462167	0,289940828	0,015319156
-0,004082471	-0,012914898	-0,5903581	0,2774753	0,295857988	0,018382691
-0,008215285	-0,0125903	-0,57749245	0,28180342	0,301775148	0,01997173
-0,011824637	-0,011824637	-0,54714488	0,2921396	0,307692308	0,015552707
-0,037852701	-0,011727213	-0,54328341	0,29346734	0,313609467	0,020142126
0,039520758	-0,011501217	-0,53432591	0,29655803	0,319526627	0,022968593
0,028749413	-0,010226532	-0,48380288	0,31426289	0,325443787	0,0111809
-0,009151055	-0,010021558	-0,47567862	0,31715168	0,331360947	0,014209268
0,004280916	-0,009774339	-0,4658799	0,32065073	0,337278107	0,016627373
0,003654826	-0,009199697	-0,44310357	0,32884541	0,343195266	0,014349856
-0,054990946	-0,009151055	-0,44117563	0,32954293	0,349112426	0,019569498

## LAMPIRAN D(LANJUTAN)

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
-0,019460074	-0,009045937	-0,4370092	0,33105234	0,355029586	0,023977249
0,045457522	-0,008532644	-0,41666449	0,33846192	0,360946746	0,022484829
0,039276883	-0,008215285	-0,40408575	0,34307483	0,366863905	0,023789075
-0,032208247	-0,008136384	-0,40095842	0,34422537	0,372781065	0,028555697
0,015418128	-0,007575794	-0,37873906	0,35244082	0,378698225	0,026257404
-0,047842021	-0,006563139	-0,33860179	0,36745487	0,384615385	0,017160519
0,01360276	-0,006523788	-0,33704211	0,36804258	0,390532544	0,022489965
-0,04644965	-0,006186077	-0,3236567	0,37309898	0,396449704	0,023350727
0,003311627	-0,006013247	-0,31680646	0,37569523	0,402366864	0,026671634
-0,014206676	-0,005676458	-0,30345759	0,38077058	0,408284024	0,027513443
0,045666045	-0,005281345	-0,28779701	0,38675106	0,414201183	0,02745012
-0,042541042	-0,004179045	-0,2441066	0,40357413	0,420118343	0,016544213
0,017015105	-0,004082471	-0,24027885	0,40505705	0,426035503	0,020978457
0,006333973	-0,003636757	-0,22261263	0,4119185	0,431952663	0,020034161
-0,015357915	-0,003526609	-0,21824685	0,41361839	0,437869822	0,02425143
-0,013130265	-0,002667489	-0,18419505	0,42693022	0,443786982	0,016856761
0,007142888	-0,002380481	-0,1728193	0,43139673	0,449704142	0,018307409
-0,022493076	-0,002307338	-0,16992023	0,43253643	0,455621302	0,023084867
-0,0125903	-0,002149255	-0,16365447	0,43500158	0,461538462	0,026536882
-0,023541467	-0,002038737	-0,15927402	0,43672649	0,467455621	0,030729128
-0,005676458	-0,001663894	-0,14441687	0,44258565	0,473372781	0,030787134
-0,006186077	-0,001086838	-0,12154489	0,45162973	0,479289941	0,027660209
-0,018548045	-0,000611185	-0,10269202	0,4591037	0,485207101	0,026103398
0,009919036	0	-0,0784673	0,46872817	0,50295858	0,03423041
-0,036528145	0	-0,0784673	0,46872817	0,50295858	0,03423041
-0,013828002	0	-0,0784673	0,46872817	0,50295858	0,03423041
0,03238141	0,00083091	-0,04553362	0,48184099	0,50887574	0,02703475
0,027080959	0,001425517	-0,02196596	0,49123755	0,514792899	0,023555345
-0,002149255	0,001780944	-0,00787835	0,49685702	0,520710059	0,023853035
0,028980706	0,002745369	0,030347272	0,51210495	0,526627219	0,014522267
-0,006523788	0,003311627	0,052791292	0,5210509	0,532544379	0,011493479

## LAMPIRAN D(LANJUTAN)

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
-0,024371252	0,003654826	0,066394241	0,52646802	0,538461538	0,011993516
0,041291345	0,004280916	0,091209719	0,53633702	0,544378698	0,008041674
0,021824008	0,005140298	0,125271936	0,54984587	0,550295858	0,000449993
0,027721034	0,005258958	0,129975095	0,55170693	0,556213018	0,004506083
0,018420718	0,005323881	0,132548371	0,55272472	0,562130178	0,009405461
0,005140298	0,005623679	0,144431067	0,55741996	0,568047337	0,01062738
0,029262166	0,005792321	0,151115288	0,56005761	0,573964497	0,013906883
0,005792321	0,005945321	0,157179549	0,56244833	0,579881657	0,01743333
-0,035268139	0,006333973	0,172584061	0,56851081	0,585798817	0,017288007
0,015688259	0,006393512	0,174943918	0,56943815	0,591715976	0,022277827
-0,026645507	0,006560008	0,181543084	0,57202934	0,597633136	0,025603796
0,014583145	0,006582252	0,182424745	0,5723753	0,603550296	0,031175
0,014163644	0,00694608	0,196845337	0,57802571	0,609467456	0,031441741
-0,014163644	0,007028362	0,200106626	0,5793014	0,615384615	0,036083211
-0,013935267	0,007142888	0,204645927	0,58107561	0,621301775	0,04022616
-0,036047859	0,007320081	0,211669131	0,58381741	0,627218935	0,043401521
-0,034380165	0,00868061	0,265594611	0,60472428	0,633136095	0,028411813
0,027868409	0,009262317	0,288650969	0,61357576	0,639053254	0,025477498
0,01030937	0,009395622	0,293934593	0,61559606	0,644970414	0,029374356
0,013729179	0,009919036	0,314680477	0,62349787	0,650887574	0,027389708
0,046410047	0,01030937	0,33015161	0,6293573	0,656804734	0,027447438
-0,037433523	0,01071023	0,346040001	0,63534367	0,662721893	0,02737822
0,00868061	0,011698723	0,385219568	0,64996263	0,668639053	0,018676427
-0,030049415	0,011873903	0,392162945	0,65253109	0,674556213	0,022025124
-0,029144726	0,012349712	0,41102198	0,65947179	0,680473373	0,021001582
0,005258958	0,012712998	0,425421044	0,66473512	0,686390533	0,021655416
-0,018644803	0,01318964	0,444313079	0,67159188	0,692307692	0,020715815
0,00694608	0,01360276	0,460687396	0,67748855	0,698224852	0,020736302
0,011698723	0,013714742	0,465125862	0,67907934	0,704142012	0,025062675
0,033194346	0,013729179	0,465698103	0,67928419	0,710059172	0,030774977

## LAMPIRAN D(LANJUTAN)

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
0,016843885	0,013774047	0,467476483	0,67992049	0,715976331	0,036055838
-0,038474788	0,014163644	0,482918425	0,68542317	0,721893491	0,036470321
0,027569554	0,014583145	0,499545616	0,69130247	0,727810651	0,036508181
-0,021053409	0,015418128	0,532640755	0,70285886	0,733727811	0,030868953
0,052781548	0,015688259	0,543347565	0,70655474	0,73964497	0,033090231
0,013714742	0,0162071	0,563912192	0,71359305	0,74556213	0,031969076
0	0,016843885	0,589151593	0,72212021	0,75147929	0,029359083
0,022379716	0,016929538	0,592546513	0,72325766	0,75739645	0,043401521
-0,002667489	0,017015105	0,595938013	0,72439168	0,763313609	0,038921928
0,02194764	0,017955595	0,633214961	0,73670336	0,769230769	0,032527408
0,013774047	0,018212982	0,6434167	0,74002312	0,775147929	0,035124804
-0,013573063	0,018420718	0,651650447	0,74268665	0,781065089	0,043401521
0	0,019108862	0,67892549	0,75140746	0,786982249	0,035574786
0,019108862	0,019500923	0,694465094	0,75630471	0,792899408	0,0365947
-0,011501217	0,020193108	0,721900334	0,76482212	0,798816568	0,033994446
0,006560008	0,02073245	0,743277518	0,77134316	0,804733728	0,043401521
-0,002380481	0,021824008	0,78654216	0,78422504	0,810650888	0,026425852
-0,007575794	0,021825038	0,786582977	0,78423699	0,816568047	0,032331061
0,006582252	0,02194764	0,791442398	0,78565706	0,822485207	0,036828146
0,025322778	0,022379716	0,80856802	0,79061817	0,828402367	0,043401521
-0,025123991	0,025322778	0,925218314	0,82257382	0,834319527	0,011745706
0,005945321	0,027080959	0,994904998	0,84010876	0,840236686	0,000127922
-0,008532644	0,027569554	1,014270812	0,84477323	0,846153846	0,00138062
-0,014654483	0,027721034	1,020274839	0,84620093	0,852071006	0,043401521
-0,014256861	0,027868409	1,026116143	0,84758158	0,857988166	0,010406587
0,019500923	0,027915122	1,027967653	0,84801748	0,863905325	0,015887847
-0,020116497	0,028282709	1,042537187	0,85141865	0,869822485	0,018403832
-0,0395656	0,028749413	1,061035339	0,85566308	0,875739645	0,043401521
-0,003636757	0,028980706	1,070202803	0,85773598	0,881656805	0,023920821
-0,02913883	0,029262166	1,081358633	0,86023119	0,887573964	0,027342772

## LAMPIRAN D(LANJUTAN)

Return Minyak Mentah	Data dari Kecil-Besar	(Rt-Rbar)/SD	Ft	Fs	Ft-Fs
-0,01467019	0,031937992	1,18741685	0,88246838	0,893491124	0,011022743
-0,013298968	0,03238141	1,204991991	0,8858968	0,899408284	0,043401521
0,018212982	0,033194346	1,23721329	0,89199605	0,905325444	0,013329398
0,001780944	0,033670251	1,256076092	0,89545581	0,911242604	0,015786795
0,005323881	0,038429114	1,444696897	0,92572848	0,917159763	0,008568716
-0,012914898	0,039276883	1,478298804	0,93033609	0,923076923	0,043401521
-0,027953189	0,039520758	1,487964953	0,93161993	0,928994083	0,002625849
-0,002307338	0,040208856	1,515238162	0,93514395	0,934911243	0,000232706
0,057671616	0,041291345	1,558143389	0,94040037	0,940828402	0,000428033
-0,006563139	0,044026249	1,666543151	0,95219736	0,946745562	0,043401521
-0,004179045	0,045457522	1,723272646	0,95758038	0,952662722	0,004917662
0,007028362	0,045666045	1,731537581	0,95832204	0,958579882	0,000257846
0,038429114	0,046410047	1,761026623	0,96088305	0,964497041	0,00361399
0,012349712	0,052781548	2,013565423	0,97797241	0,970414201	0,043401521
-0,028485943	0,057671616	2,207386605	0,98635647	0,976331361	0,010025108
0	0,063111704	2,423008214	0,99230371	0,982248521	0,01005519
-0,022949697	0,06336491	2,433044222	0,99251376	0,98816568	0,004348083
-0,008136384	0,087066575	3,372475902	0,99962752	0,99408284	0,043401521
0,087066575	0,089181674	3,456309274	0,99972619	1	0,000273813
				Maks Ft-Fs	0,043401521



## LAMPIRAN E

### Listing Program

```
function varargout = Simulasi_Gui(varargin)
% SIMULASI_GUI M-file for Simulasi_Gui.fig
%   SIMULASI_GUI, by itself, creates a new
SIMULASI_GUI or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = SIMULASI_GUI returns the handle to
a new SIMULASI_GUI or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%
SIMULASI_GUI('CALLBACK', hObject,eventData,han
dles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in
SIMULASI_GUI.M with the given input
arguments.
%
%   SIMULASI_GUI('Property','Value',...)
creates a new SIMULASI_GUI or raises the
%   existing singleton*. Starting from
the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before
Simulasi_Gui_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid
value makes property application
%   stop. All inputs are passed to
Simulasi_Gui_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools
menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response
to help Simulasi_Gui

% Last Modified by GUIDE v2.5 11-Jan-2017
17:31:58

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',
    mfilename, ...
    'gui_Singleton',
    gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn',
    @Simulasi_Gui_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn',
    @Simulasi_Gui_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [], ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback =
    str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] =
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

```



## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% --- Executes just before Simulasi_Gui is
made visible.
function Simulasi_Gui_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see
OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user
data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to
Simulasi_Gui (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
Simulasi_Gui
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Simulasi_Gui wait for user
response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
handles.gambar=imread('ITS.jpg');
axes(handles.axes5);
imshow(handles.gambar);

handles.gambar2=imread('logomatematika.jpg');
axes(handles.axes6);
imshow(handles.gambar2);

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

background =
axes('unit','normalized','position',[0 0 1
1]);
cover=imread('gradasi1.jpg');imagesc(cover);
set(background,'handlevisibility','off','visible','off');
uistack(background,'bottom');

% --- Outputs from this function are returned
to the command line.
function varargout =
Simulasi_Gui_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout cell array for returning output
args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Get default command line output from
handles structure
varargout{1} = handles.output;

function P0_edit_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to P0_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of P0_edit as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of P0_edit as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function P0_edit_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to P0_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc %%
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Drift_edit_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Drift_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of Drift_edit as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of Drift_edit as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function Drift_edit_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Drift_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc %&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Volatilitas_edit_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Volatilitas_edit (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of Volatilitas_edit as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of Volatilitas_edit as a
double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function Volatilitas_edit_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to Volatilitas_edit (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function MAPE_edit_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to MAPE_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of MAPE_edit as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of MAPE_edit as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function MAPE_edit_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to MAPE_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in
Input_Data_pushbutton.
function
Input_Data_pushbutton_Callback(hObject,
 eventdata, handles)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% hObject    handle to Input_Data_pushbutton
% (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
% future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
% data (see GUIDATA)
P0 =
str2double(get(handles.P0_edit,'String'));%
s0 is the initial price,
[nama_file,path]=uigetfile('*.xlsx','cari
data');
if isequal(nama_file,0)
    return;
end
[data_lama,text]=xlsread([path nama_file],1);
data = [P0; data_lama];

handles.data = data;
guidata(hObject,handles);

% --- Executes on button press in
% Hitung_pushbutton.
function Hitung_pushbutton_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Hitung_pushbutton (see
% GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
% future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
% data (see GUIDATA)

data = handles.data;
n =length(data(2:length(data)));

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

P0=str2double(get(handles.P0_edit,'String'));
% P0 is the initial price,
miu=str2double(get(handles.Drift_edit,'String
'));%mu the annual growth rate,
sigma=str2double(get(handles.Volatilitas_edit
,'String'));%sig the volatility
m=str2double(get(handles.Iterasi_edit,'String
'));
h =1;
dt=1/h;
t(1)=0;

[Forecast,MAPE] =
Peramalan(data(2:length(data)), P0, sigma, miu);

A = [data(2:length(data)) Forecast'];
Kolom = {'Actual Price','Forecast'};
for i=1:length(Forecast)
    Baris(i) = {sprintf('%d',i)};
end
set(handles.Hasil_uitable,'data',A,'RowName',
Baris,'ColumnName',Kolom);

P1 = [];
P(1)=P0;
axes(handles.axes1);
for i=1:1:m
    for j=1:1:n % The following value of the
crude oil is evaluated
        P(j+1)=P(j)*exp(((miu-
sigma^2/2)*dt)+(sigma*sqrt(dt)*randn ));
        t(j+1)=j;
    end
    plot(t,P,'g');

```



## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

    hold on;
end
P1 = P;
x = 0:length(data)-1;
plot(x,data,'r');
title('Geometric Brownian
Motion','fontweight','b');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;

axes(handles.axes3);
ss=[P0 Forecast];
plot(t,ss,'b');
hold on;
x = 0:length(data)-1;
plot(x,data,'r');
legend('Forecast','Actual Price');
title('Forecast','fontweight','b');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;
set(handles.MAPE_edit,'String',MAPE);
% --- Executes on button press in
Keluar_pushbutton.
function Keluar_pushbutton_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to Keluar_pushbutton (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
close

function MAPE2_edit_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to MAPE2_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of MAPE2_edit as text
%          str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of MAPE2_edit as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function MAPE2_edit_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to MAPE2_edit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

        set(hObject,'BackgroundColor','white');
    end
    function Volatilitas2_edit_Callback(hObject,
        eventdata, handles)
    % hObject    handle to Volatilitas2_edit (see
    GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a
    future version of MATLAB
    % handles    structure with handles and user
    data (see GUIDATA)
    % Hints: get(hObject,'String') returns
    contents of Volatilitas2_edit as text
    %          str2double(get(hObject,'String'))
    returns contents of Volatilitas2_edit as a
    double
    % --- Executes during object creation, after
    setting all properties.
    function Volatilitas2_edit_CreateFcn(hObject,
        eventdata, handles)
    % hObject    handle to Volatilitas2_edit (see
    GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a
    future version of MATLAB
    % handles    empty - handles not created
    until after all CreateFcns called

    % Hint: edit controls usually have a white
    background on Windows.
    %         See ISPC and COMPUTER.
    if ispc ==
        isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
        get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
        set(hObject,'BackgroundColor','white');
    end

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% --- Executes on button press in
Reset_pushbutton.
function Reset_pushbutton_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to Reset_pushbutton (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
set(handles.Hasil_uitable, 'data', '', 'RowName'
, '', 'ColumnName', '');
set(handles.MAPE_edit, 'String', '');
%set(handles.Drift_edit, 'String', '');
set(handles.Iterasi_edit, 'String', '');
%set(handles.Volatilitas_edit, 'String', '');
%set(handles.PO_edit, 'String', '');
axes(handles.axes1);
plot(0);
hold off;
grid off;

axes(handles.axes3);
plot(0);
hold off;
grid off;
% --- Executes when entered data in editable
cell(s) in Hasil_uitable.
function
Hasil_uitable_CellEditCallback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to Hasil_uitable (see
GCBO)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```

% eventdata structure with the following
fields (see UITABLE)
%   Indices: row and column indices of the
cell(s) edited
%   PreviousData: previous data for the
cell(s) edited
%   EditData: string(s) entered by the user
%   NewData: EditData or its converted form
set on the Data property. Empty if Data was
not changed
%   Error: error string when failed to
convert EditData to appropriate value for
Data
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)
function Iterasi_edit_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to Iterasi_edit (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of Iterasi_edit as text
%   str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of Iterasi_edit as a double
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function Iterasi_edit_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to Iterasi_edit (see
GCBO)

```

## LAMPIRAN E(LANJUTAN)

```
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

## LAMPIRAN F

### Biodata Penulis



Penulis bernama Hilma Intan Zakia, biasa dipanggil Intan. Penulis dilahirkan di Malang, 19 September 1995. Penulis merupakan putri dari pasangan Taukhid dan Siti Mudyani. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Sanggrahan RT/RW 03/01 Kecamatan Kasembon Kab.Malang. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Muslimat NU Kalipare I (1999-2001), SD Negeri I Kasembon (2001-2007), SMP Negeri I Kasembon (2007-2010), dan SMA negeri 2 Pare (2010-2013). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di S1 Jurusan Matematika FMIPA ITS tahun 2013. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi panitia dalam Youth Environmental Leader Program pada tahun 2015, serta acara DIES Natalis 50 Matematika ITS. Pada tahun 2015 penulis juga menjadi anggota dari KOPMA dr. Angka ITS. Jika ingin memberikan saran, kritik, dan diskusi mengenai laporan tugas akhir ini, dapat dikirimkan melalui email *hilma.zakia3@gmail.com* Terimakasih.